

摘要

腰椎疾病是一种极为常见的疾病，并且可以引发其它疾病，危害大，就诊率很高。而卧式牵引是这种病的传统治疗方法，但是效果有限。在此基础上，一些专家和临床医师提出了悬吊式牵引治疗方法，并将牵引和扭转以及背伸成角相结合，且辅以按摩、热疗、磁疗的新的综合治疗方法，已被医学界认可，并且进行了临床医学实践，效果较卧式牵引和单纯的悬吊式牵引明显提高。目前，这种治疗是依托于简易设备手动来完成的。由于市场上还没有将悬吊式牵引和扭转、背伸相结合的多功能、多参数、自动化的设备，使得治疗效果与接诊量受到很大限制。因此，研究和试制一种多功能、多参数、自动化的腰牵扭治疗专用设备就具有非常大的实用价值。

本课题就是从治疗机理和功能要求出发，通过机电一体化有机结合，设计与研制实现悬吊式综合治疗的医疗设备的样机。本文介绍了该设备的总体方案设计，并着重从机械系统结构设计、“IPC+PLC”两级控制系统结构的设计两方面进行了较详细的论述。并且编制了能够进行对治疗机监控和治疗方案编辑管理等功能的控制界面软件系统，使治疗机实现多功能、自动化、多参数。

关键词：医疗设备，悬吊牵引，可编程控制器（PLC），伺服控制

Abstract

Lumbar disease are very common in the whole world. Traditionally, they can be cured by dragging, but its effect is very limited. Now, a new method of cure is introduced by some medical experts and it has been recognized in the medical field. To realize the new medical technology, a special medical appliance for lumbar disease is needed. Owing to the lack of this kind of special medical appliance, it is very meaningful to design and develop one.

After the research of functionality requirement of machine and principle of cure, a sample machine is developed by adopting mechanical and electronic technologies. This paper makes a brief description of the blue print of the sample machine and its framework. And the basic principle to achieved the sample machine by the combination of mechanical system and control system is presented in detail in the paper.

The control software programmed in Visual Basic has the function of showing the treating motion, which can be easily used by the doctors who have received training. Through the VB programming the control system achieved to manage the case history and to communicate between the upper computer and PLC. And through the PLC programming, control system finished the anticipant control motion.

Keywords: Medical Appliance, Suspension Traction, PLC (Programmable Logic Controller), Servo Control

原创性声明

本人声明：所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作。除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已发表或撰写过的研究成果。参与同一工作的其他同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名：韩新峰 日期：2006.2.10

本论文使用授权说明

本人完全了解上海大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留论文及送交论文复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

签名：韩新峰 导师签名：李峰 日期：2006.2.10

第一章 绪论

1.1 我国医疗器械产业发展情况

医疗器械是用于人类诊断、预防、监护、治疗或缓解疾病以及保健、康复的特殊产品，它的发展不仅是一个国家经济发达的重要标志，同时也是人类改善生存环境能力的体现。目前，医疗器械产品正向着智能化、微机化、机电一体化方向发展。

1.1.1 我国医疗器械市场状况

随着当今社会、经济、科技的快速发展和人们生活水平的提高，我国医疗卫生水平也有了很大的提高，人们对先进医疗设备的需求也越来越迫切。资料显示，全国医疗机构总数为 315000 个左右，县级及县级以上的医院就有万家以上。近几年来，中国医疗器械市场销售额增长率保持在 12%~14% 的水平。由于国民经济发展加快，中国医疗器械市场已成为除日本以外亚洲最大的市场。这说明了我国现阶段对先进医疗设备的市场需求是很大的。

1.1.2 我国医疗器械产业现状

虽然我国医疗器械产业近十年发展迅速，年增长率达 14%，但在世界市场所占份额仅为 1.5%，注册企业虽高达 5700 家，但多数为生产规模较小的中小企业，销售额过亿的不到 10 家，而且均不具备国际竞争能力。我国医疗器械产品约有 5000 种。除了数量尚远低于国际上已有品种外，主要是水平偏低、缺少具有自主知识产权的产品。目前仅能解决中小医院的基本装备需求。长期以来，国内医院所使用的先进医疗设备多数是靠国外进口。面对如此大的市场需求和竞争压力，我国医疗器械的水平 and 科技含量必须加以提高以适应社会发展的需要。

1.2 腰部疾病治疗方法现状与进展

1.2.1 腰椎病简介^{[1][2]}

人体脊椎正常弧度呈 S 型，如图 1.1 所示。该弧度的形成跟人体自身结构及各种负重因素有关，比如头部自重，以及行走时是以头部节奏的摆动形成颈椎骨性生理性曲度，头部的支撑力点在颈椎骨，而颈椎的第 4、5、6、7 节负重逐渐增大，以第 6、7 节为最大。同样腰椎承担上身器官组织（约人体自重的一半左右）和外界性负重，以及行走活动，因此腰椎的生理弧度随之发生变化，腰椎承担的一切负重传至腰椎第 3、4、5 节及腰骶第 1 节，当然不正常的外界因素也可将力点传至腰椎第 1、2 节，造成腰椎第 1、2 节伤害，然而一般情况常见的腰部疾病以腰椎第 3、4、5 及腰骶第一节为多。

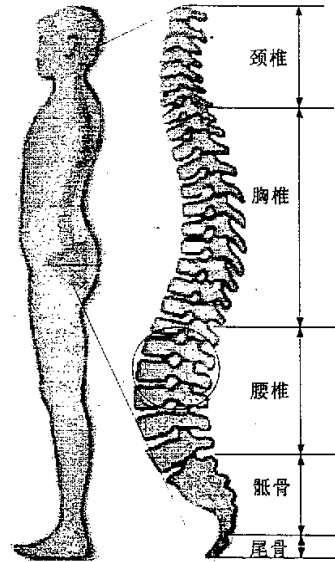


图 1.1 人体脊椎结构

产生腰部疾病的直接原因是：随着年龄老化、自然界病毒侵犯、工作环境等因素，腰椎的支撑平衡力点发生偏移，因此产生了错位力点。错位力点的产生使相应的腰椎周围组织产生了机械性挤压、撕拉与摩擦，造成了纤维环破裂或腰椎骨性改变，由此因血管回流受阻等原因而发生无菌性炎性物渗出，从而出现了临床上所说的，腰椎间盘突出症、腰椎间盘滑脱症、腰椎骨折、腰椎小关节紊乱、腰脊急慢性损伤、腰椎横突综合症、腰椎退行性变化等等。这些种种腰椎疾病，均可认为是腰椎平衡力点偏移，正常力点受到破坏而产生错位力点，然而一旦错位力点产生，该处相应骨性腰椎及周围组织、血管回流等发生变化产生无菌性炎性物渗出。如炎性物刺激根性神经就会出现放射性疼痛，刺激周围软组织会出现相应临床症状。

腰椎间盘突出症是引起腰痛及下肢痛等一系列症状的最常见病因之一，极大影响患者工作与生活，给病人带来很大痛苦。该病有较高的发病率较高，目前患腰椎颈椎病的人群日益庞大。从年龄上，腰椎病一般发生在 20~40 岁之间，青

壮年易发生此病比例大约占整个发病率的 80%；从性别上，腰椎间盘突出症多见于男性，因为男性体力活动较多、较频、腰部活动范围大；从体型上，一般过于肥胖或过于瘦弱的人容易导致腰椎间盘突出；从职业上，劳动强度较大的产业工人较多见；从姿势上，每天常常伏案工作的办公室工作人员及经常站立售货员、纺织工人等较多见；从生活和工作环境上，若经常在潮湿或寒冷的环境，也易发生腰椎间盘突出。女性在产前、产后及更年期均为腰椎间盘突出发病的危险期。

综上所述，腰椎疾病是一种常见病，危害很大，它的本质是腰椎的支撑平衡力点偏移，错位力点的产生。因此解决腰椎错位力点的纠正是根治此症的关键。

1.2.2 治疗方法现状与进展

目前，腰椎疾病的治疗方法主要分为手术治疗和保守治疗（非手术治疗）两大类^[3]。

研究表明只有 55% 的腰椎病患者出现典型的临床症状，75% 以上只出现单侧坐骨神经症状时，均可保守治疗而治愈，其中只有约 19% 的病例需手术治疗。手术治疗中，由于种种原因致使术后症状不缓解、加重、复发的病例并非少见，近年来对腰椎手术失败综合征的报道逐渐增多，其发生率近 10~15%。因而大多数学者认为非手术治疗为腰椎病首选，在非手术治疗无效时才采用手术治疗^[4]。

腰椎疾病的保守治疗方法主要包括：腰椎牵引治疗，药物治疗，限期绝对卧床，手法治疗，针灸治疗，限期绝对卧床，以及超声波、电疗、电磁疗、TDP 照射、离子透入等物理疗法。其中，牵引疗法是临床上治疗腰椎病疗效最为肯定的方法，是临床应用最多、最广泛的非手术疗法之一^{[5][6][7][8][9]}。目前，非手术治疗腰椎病的方法繁多，进展主要表现在治疗方法的改进与创新；疗效方面，多种非手术疗法综合应用疗效明显好于单一疗法。

1.3 治疗机发展现状

由以上叙述可知，基于牵引治疗的多种非手术疗法综合应用是一种非常有效的治疗方法。根据牵引的方式，牵引疗法可分为：（1）仰卧式牵引；（2）悬吊式牵引。

最初的牵引治疗设备是手动砝码式牵引床，或是手摇式的牵引床，如图 1.2

所示，这种牵引床是一维的，只能在一个方向拉伸，治疗效果不太理想。后来出现了三维正骨床，以及电脑控制三维正骨床等等^{[10][11][12]}。如图1.3所示。但是由于这些治疗仪主要采用平卧式，且功能单一，在治疗中没有彻底解决腰椎负重、外界因素以及错位力点回复力的问题，所以不能真正解决腰椎错位力点的纠正，因此疗效并不理想^{[13][14][15]}。另外，卧式自动牵引设备一旦出现故障，牵引力失控，很容易对患者造成伤害。



图 1.2 砵码式牵引床

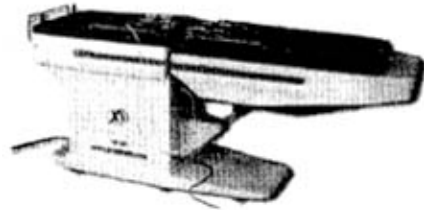


图 1.3 三维卧式牵引

由此可见，目前腰椎牵引设备种类繁多，但多为卧位牵引（即骨盆对抗牵引）模式。利用人体自重牵引的设备尽管多次见于文献，但都是功能单一的手动简易设备，如图1.4所示，技术成熟的悬吊式牵引产品却一直未见于市场。悬吊式牵引是依靠自身重力进行牵引的，此时腰部没有受到其他外力，椎骨间的连接结构处于相对放松的状态，这种状态下牵引比在其他外力下牵引的效果更好^[16]。另外，悬吊式牵引靠自重牵引，最大牵引力有限，不会出现牵引力失控的情况，安全可靠。因此，开发出一种功能完备的悬吊式治疗设备，采用非手术方法尤其是悬吊式牵引对这类疾病进行有效的治疗是十分必要的。

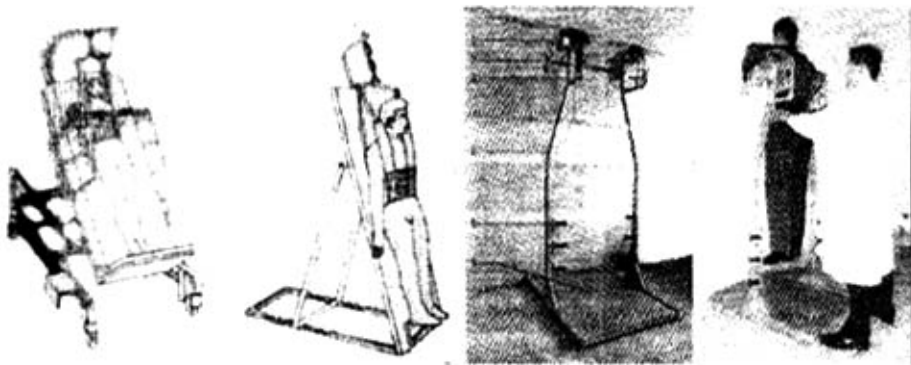


图1.4 简易悬吊式牵引设备

1.4 悬吊式腰痛治疗机应运而生

通过前面三节的论述可以知道：首先，开发新型高技术含量的医疗器械产品是社会经济发展的需要；其次，由于患腰椎间疾病人群的增大以及现有治疗设备自身存在缺陷，悬吊式牵引方式比卧式牵引更加安全可靠，医生和患者都强烈渴望有性能更出色的悬吊式综合治疗设备出现；最后，由于计算机控制技术、可编程控制器以及伺服控制技术的发展，可以满足治疗机运动控制要求。因此，本课题将运用计算机控制技术开发多功能悬吊式腰痛治疗机，这不仅对提高医疗水平有重要意义，而且也具有重要的社会经济意义。

本课题就是在这样的背景下提出的，它来源于上海外邦医疗器材技术有限公司，属于横向课题。

1.5 课题的主要工作

本课题的任务就是确定一套总体方案，来完成必需的和一些辅助的治疗功能，并通过机电一体化设计试制悬吊式治疗专用设备的样机。

为了达到预期的目标，本课题将做好以下几个方面的工作：

- (1) 研制具有独立知识产权的悬吊式腰痛治疗机。
- (2) 根据功能要求和人机工程学设计治疗机的机械结构。
- (3) 开发由“IPC + PLC”组成的两级控制系统。
- (4) 编写 PLC 程序。
- (5) 编写上位机系统应用软件。
- (6) 样机调试。

第二章 治疗机功能分析与总体方案设计

2.1 治疗机理及功能要求分析

由上一章节的分析可知,治疗腰椎疾病的关键是解决腰椎错位力点的纠正。本课题所要开发的治疗设备的治疗机理是使病人处于悬吊的状态,通过消除上身器官组织的负重力,利用下身臀腿部重量逐步拉开腰椎间隙,使椎间隙产生负压,在负压引力作用下,可以使一部分突出的髓核回缩。但如果突出的髓核与周围组织粘连,单靠负压吸引力,效果就难以肯定。在牵引的同时,对患者的腰部施扭转推拿正骨手法,可使粘连得到松解、减少髓核回缩阻力,从而提高疗效。同时,通过背伸动作使牵引力的方向与身体平面形成一个适宜的夹角,以便拉紧后纵韧带产生更大的回弹力,从而使错位力点逐步消失,腰椎平衡力点重新恢复到正常状态。另外,在牵引过程中同时辅以在病变力点处有节奏的振动、微波热量渗透、通过强磁对组织液中的离子进行极化等手段,可以增加血管的通透性,促进无菌性炎性物加快吸收,使治疗效果更加明显。

根据治疗机理,确定本课题治疗机要实现的功能如下:

1、主治疗动作与功能:主要包括以下三种功能,这三种治疗动作的结合可以实现三维正脊治疗的目的。

悬吊牵引治疗功能:使患者处于悬吊状态,利用下身臀腿部重量达到牵引治疗。要求牵引时,不能立刻直接把病人悬空,以免牵引力过大,对病人造成伤害。这就要求牵引力可以设置成从小逐渐变大,直至将病人完全悬空。

扭转推拿治疗功能:牵引治疗的同时在患者髋部施加一个有规律的左右旋转扭力,来模拟中医推拿正骨手法治疗。图 2.1 为需要实现的 5 种向左或向右的扭转运动规律曲线。

背伸治疗功能:通过将患者背部抬起一定距离,使身体平面与牵引力的方向形成一个适宜的夹角,也称为成角动作。要求背伸量可调。

2、辅助治疗功能:是在主治疗过程的同时,通过治疗头在病人患处施加其他物理疗法,从而增加牵引治疗的效果。主要应有的辅助治疗功能包括:振动按摩治疗,微波热疗和磁疗等。其中按摩功能的振动频率可调。

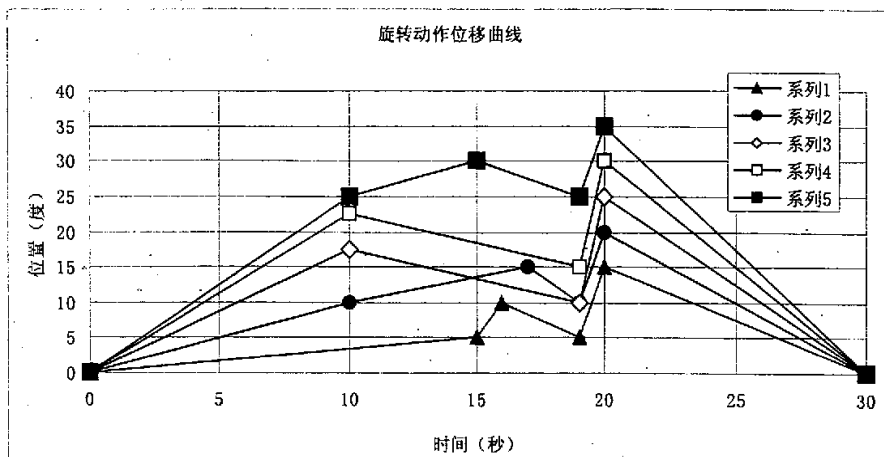


图 2.1 扭转运动规律曲线

3、治疗机的适应对象为 1.4~2 米的成人。

4、控制功能主要要求治疗状态是可以监测和完全受控的是治疗机要能够按不同的治疗参数进行自动治疗，实现各治疗动作之间的配合与组合。

表 2.1 A 套治疗方案

A 套治疗方案	
牵引程度	治疗参数
体重 1/2	振动 15 秒，停 30 秒，共 2 次反复，停 3 分钟
体重 1/3	振动 15 秒，停 30 秒，共 1 次反复，停 30 秒
体重 1/4	振动 15 秒，停 10 秒，共 1 次反复，停 20 秒
体重 1/5	振动 15 秒，停 10 秒，共 1 次反复，停 20 秒
体重 1/6	振动 15 秒，停 10 秒，共 1 次反复，停 20 秒
体重 1/8	振动 15 秒，停 10 秒，共 1 次反复，停 20 秒
体重 1/10	振动 15 秒，停 10 秒，共 1 次反复，停 20 秒
体重 1/12	振动 15 秒，停 10 秒，共 1 次反复，停 20 秒
体重 0 (人体悬空状)	扭转规律 4 共反复 5 次
体重 1/10	背伸 15cm，1 次，停 3 秒

5、系统内部预制四套不同的治疗方案。每套治疗方案都是由具有不同参数的治疗动作和功能组合而成。悬吊式腰痛治疗机的表 2.1 为 A 套治疗方案示例。为了适应不同的患者，对治疗方案应该具有新建、删除、修改等编辑功能。

6、对受治疗者在接受治疗时，提供最大的安全保证。

根据课题的任务可知，本设备属于医疗器械。它的设计目的首先是体现治疗原理，实现治疗功能，而其操作对象为人这一特殊性使得设备的安全性和可靠性

处在首要位置。

2.2 机电一体化系统的组成

机电一体化是微电子技术向传统机械工业渗透过程中逐渐形成和发展起来的，是机械技术、微电子技术和信息技术相互融合的产物。

一个完善的机电一体化系统，大致上可以分为四个组成部分（四个要素）^[17]：

- 1、机械部分（执行要素）：实现动作目标。
- 2、执行装置（能量转换要素）：将信息转换成力和能量，以驱动机械部分运动，分为电动、液压和气动三大类。
- 3、传感器（检测要素）：用于对输出端的机械运动结果进行测量、监控和反馈。
- 4、控制装置（控制要素）：对机电一体化系统的控制信息和来自传感器的反馈信息进行处理，向执行装置发出动作指令。

这些要素内部及各要素之间，通过接口耦合、运动传递、物质流动、信息控制、能量转换有机的融合集成一个完整的系统。

在本课题中，为了实现复杂的治疗功能，悬吊式腰痛治疗机也应该是一个机电一体化系统，下面将分析它的机械部分和控制部分的总体方案设计。

2.3 机械系统

运动机构的驱动方式常用的有三种，即液压驱动、气压驱动、电机驱动。液压驱动功率大，运动平稳，但易渗漏，体积大，快速动作时管路噪声较大，移动不方便。气压驱动功率一般较小，稳定性差，要求气密性高，还要有专门的压缩气源，复杂的管路。电机驱动结构简单，易于控制，不要复杂的输液及输气管路。医疗器械要求不能有渗漏，噪声要尽量小，工作可靠。所以本课题采用电机驱动方式。

治疗机对传动系统的主要要求是传动平稳、爬行小、刚度高，同时不会产生较大的震动与噪声。将电机旋转运动转换为直线运动的传动方式主要有丝杆传动、钢带传动、齿形带传动、齿轮齿条传动、摩擦轮传动以及气压传动等。本课题中的机械系统大部分传动形式采用丝杠传动。丝杠传动即螺旋传动，它是精密

机械中常用的一种传动形式，其主要作用是将旋转运动变为直线运动。丝杠传动比大，具有精度高、分辨力高、空程与回程误差小等特点，这对实现精确定位是有利的。丝杠传动还具有自锁性能，如果悬吊牵引动作采用丝杠传动，牵引装置的自重不会带动丝杠传动，而当丝杠停止运动时，运动部件也不会因惯性力或重力作用下继续运动，这对于牵引治疗很重要。

2.4 控制系统

目前，工业界比较有代表性的控制方式主要有以下几个类别：继电器控制系统，单片机控制系统，微型计算机系统，可编程控制器（PLC）系统等。下面通过这几种方式的对比确定本课题的控制方式。

2.4.1 几种典型控制系统的比较^{[18][19][20][21]}

1. PLC 与继电器控制系统的比较

继电器控制是采用硬接线逻辑，利用继电器触点的串、并联及时间继电器的延迟动作来组成控制逻辑，其缺点是一个系统一旦确定就很难轻易再改动。如果要在现场做一些更改和扩展更是难以实行。而 PLC 是利用其内部的存储器以数据形式将控制逻辑存储起来的，所以只要改变 PLC 内存储器的内容，也就可以实现更改控制逻辑的目的。对于 PLC 来讲，只要用 PLC 配备的编程器在现场就可以完成更改，只要输入输出对象不变，就无须对硬接线作改动。

继电器控制逻辑是依靠触点的机械动作来实现的。工作频率很低。一次动作一般为数十毫秒。对于复杂的控制，使用的继电器越多，反应就越慢。而 PLC 是以微型计算机为基础的控制装置，其运行速度为每个指令步数 10 微秒（对于高速 PLC 则是 1 微秒以下）。并且内部有严格的同步，所以不会出现抖动的问题。

对于时间控制，继电器是利用时间继电器的延时动作来实现的。由于时间继电器是利用空气阻力，半导体延时电路来实现延时的，所以其定时精度低，调整不方便。且环境温度变化等因素都会对定时精度有直接的影响。而 PLC 则是由晶体振荡器所产生的脉冲经多次分频后得到的时基脉冲进行计数来定时的，定时范围一般为 0.1 秒，也有 0.01 秒的，精度一般高于 10 毫秒，只要根据需要由编程器送入时间常数即可实现定时时间的设定或更改。由于 PLC 的定时是对时基

脉冲进行计数来实现的，所以如果是对外脉冲进行计数，就成为计数器。PLC 一般都具有定时器和计数器功能。

从可靠性和可维护性方面来看，继电器控制逻辑由于使用了大量的机械触点，连接线也多，触点开闭时产生的电弧会使触点损坏，动作时的机械振动还可能使接线松动，所以可靠性和可维护性都较差。而 PLC 则采用了无触点的电子电路来替代继电器触点，确切地说是用存储器内的数据来代替触点，因此不存在上述缺点。而且体积小、功耗小、寿命长、可靠性高、还具有监控功能和自检功能，使程序的运行过程成为透明。

PLC 一般还具有步进控制指令，可以进行步进控制，而继电器逻辑就比较困难。继电器逻辑只能对开关量进行控制。而 PLC 除了具有开关量控制功能外，有些功能较全的 PLC 还具有 A/D、D/A 转换模块，可以用来对模拟量进行控制。但是目前在成本方面 PLC 还比继电器贵，一般进口产品每个 I/O 点为人民币 80 元左右；国产一般点 I/O 为 60 元左右。

2. PLC 与单片机控制系统比较

虽然单片机的配置较微机系统简单，成本也较易接受，但它存在着编程难、不易掌握、需要做大量的接口工作，可靠性仍较差等缺点。PLC 与单片机的比较，在很大程度上，PLC 是专为工业控制而设计的。因此，它具有较好的环境适应性。事实上，现代 PLC 的核心就是单片微处理器。用单片机作控制部件在成本方面具有优势。但是不可否认，从单片机到工业控制装置之间毕竟有一个硬件开发和软件开发的过程。虽然 PLC 也有必不可少的软件开发过程，但两者所用的语言差别很大，单片机主要使用汇编语言开发软件。而 PLC 用专用的指令系统来编程的。前者复杂而易出错，开发周期长。后者简便易学，现场就可以开发调试。

单片机控制系统常适用于较简单的自动化项目。硬件上主要受 CPU、内存容量及 I/O 接口的限制；软件上主要受限于与 CPU 类型有关的编程语言。一般说来单片机或单片机系统的应用只是为某个特定的产品服务的。其通用性、兼容性和扩展性都相当差。

3. PLC 与计算机控制系统的比较

PLC 是专为工业控制所设计的，而微型计算机是为科学计算、数据处理等而设计的，尽管两者在技术上都采用了计算机技术，但由于使用对象和环境的不同，

PLC 较之微机系统具有面向工业控制、抗干扰能力强、适应工程现场的温度、湿度环境，输入、输出一般采用“光—电”隔离技术，并配备有可承受较大负载的继电器或可控硅（也有用晶体管）输出部件，一般可以直接驱动小型电机等负载。另外，PLC 在一个扫描周期内除输入刷新阶段以及外的大部分时间里实际上是与外设隔离的，而干扰信号往往是脉冲式短时间作用的，它的这种循环扫描工作方式有助于增强其抗干扰能力，提高工作的可靠性。此外，使用面向工业控制的专用语言而使编程及修改方便。并有较完善的监控功能。而微机系统则不具备上述特点，一般对运行环境要求苛刻，使用高级语言编程，要求使用者有相当水平的计算机硬件和软件知识。此外，微机系统的外设配备较多，有些对工业控制并非必须。因此 PLC 显然较微机系统更适合于工业控制。

由以上分析可知，无论是与传统的继电器、接触器控制逻辑相比，还是与现代的微型计算机系统乃至专用于控制的单片机相比，在工业控制方面 PLC 都具有明显的优越性。尤其是对生产流水线、动作复杂的单机，比起前述几种控制手段来具有寿命长、可靠性高、对环境无特殊要求、开发费用低、周期短、无需专门的计算机软、硬件知识就可在短期内掌握，功能扩展方便，成本可为一般用户所接受等优点，是现代机电一体化产品控制装置的理想选择。

2.4.2 治疗机控制系统结构的确定^{[22][23][24][25]}

由于本课题属于医疗器械，对安全性和可靠性要求比较高，不允许出现事故。因此除了对治疗机的机械系统提出了严格要求外，还对治疗机的控制单元提出了极高的运行可靠性要求，以保证控制单元不受环境、强电及射线等干扰，在有效的控制策略下起到持续监控作用；另外治疗机在运行过程中主要处理一些开关量，对控制器的处理时间要求不高。通过上面对各种控制系统的分析比较，本课题决定采用可编程逻辑控制器（PLC）作为的控制器。

另外，可编程序控制器（PLC）在开关量控制方面具有很强的优势，具有很高的可靠性，但 PLC 的数据管理及显示功能较差。计算机系统（IPC）具有丰富的应用软件和良好的人机接口，将 IPC 与 PLC 结合起来使用，可以使二者优势互补，充分利用计算机强大的人机接口功能和丰富的应用软件，组成高性能的控制系统。另外，该结构还可以方便以后扩展到医院信息管理系统（HIS）中，从而组成分级控制系统。

故本课题采用可编程控制器（PLC）和工控机两级控制——即“IPC+PLC”的控制结构。

2.5 本章小结

本章首先讨论了腰椎疾病的治疗机理及治疗机的功能要求分析，并从机电一体化系统的组成讨论了悬吊式腰痛治疗机机械系统和控制系统总体方案设计。其中机械系统传动主要方式采用电机驱动和丝杠传动的方式；在分析比较了各种控制系统的特点后，提出了以“IPC+PLC”两级控制结构组成计算机控制系统的思路，为机械系统和控制系统的详细设计打下了基础。

第三章 机械系统设计

3.1 医疗器械中的人机工程学

随着社会发展、技术进步、产品更新、生活质量与效率的提高，人们更加注重医疗器械产品的方便、舒适、可靠、安全和效率等各种指标的全方位的评价。通过人机工程学的研究，使医疗器械产品在满足医疗功能要求的同时，充分满足医患的各种需要，真正体现以人为本的现代设计理念。人机工程学已广泛应用于现代的工业产品设计，医疗器械更应该符合人机工程学设计^[26]。

3.1.1 医疗器械中应用人机工程学的重要性^{[27][28]}

一般产品中人的因素，主要是研究如何使产品的使用者更为方便地使用产品，提高操作效率，同时降低产品使用者的危险因素，达到人机和谐的要求，被作用对象一般是物体或工件。而医疗器械产品中人的因素与一般产品的不同点是：无论是医疗器械产品使用者（称之为主动使用者）还是被作用对象（称之为被动使用者）都是人。因此医疗器械中人的因素，除了主动使用者—医护人员的人的因素，还有被动使用者—病人的人的因素。

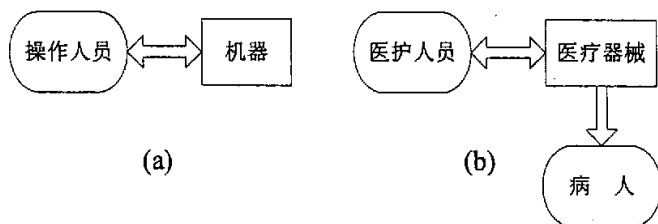


图 3.1 一般产品和医疗器械的人/机关系

一般产品的人/机关系中人是操作人员，机是机器。医疗器械的人/机关系中，人则包括两个方面，即医护人员和病人，机是医疗器械。图 3.1 (a) 为一般产品的人/机关系，操作人员与机器之间是互相作用的关系，操作人员通过机器上的仪器、仪表或显示器等装置读取信息，然后再操作控制机器，机器接受到新的信息后，再通过仪器、仪表或显示器等装置传递信息。图 3.1 (b) 为医疗器械的人/机关系，这里的人分为医护人员和病人，病人的病情通过医疗器械的检查，形

成数据或图形，由其上的显示装置，传递给医护人员，然后再由医护人员根据具体情况，控制医疗器械，输入信息。可见医疗器械具有双重人机界面，即医护人员/人机界面、病人/人机界面。

因此，医疗器械产品是与人体生命密切相关的特殊产品，其人机工程设计比其他工业产品的设计更具有特殊性，应该始终以人为中心进行设计，其人机工程学质量和使用的安全性显得非常重要。

3.1.2 医疗器械产品设计过程中进行人机工程设计的主要内容^[29]

人机工程设计应该融汇到医疗器械产品设计的各个过程中，具体体现在以下方面：

(1) 在规划设计阶段，考虑到产品—人—环境的全部联系，明确人与产品的关系，按照人机工程的要求，确定人与产品的功能分配。

(2) 在方案设计阶段，从产品与人、产品与环境、人与环境的角度进行分析，按照人机工程学的原理比较人与产品的功能特性、设计的参数范围限度、人的能力限度、操作条件的可靠性、与环境的适应性等因素，选出最佳设计方案。

(3) 在技术设计阶段，要按照人的生理、心理特性考虑产品的工业设计，从人体的尺寸参数、人视野或肢体所及的空间范围等能力角度考虑产品的零部件具体尺寸参数，从人的信息传递能力考虑信息的显示与信息处理。

总之，在医疗器械产品的设计过程的各阶段，应该都要充分考虑到人的因素，满足人机工程的各种要求，这样才能真正实现医疗器械产品的人机工程设计。

3.2 治疗机的机械系统总体结构设计^{[30][31][32]}

整个悬吊式腰痛治疗机的总体机械结构如图 3.2 所示，治疗机试制过程中的样机图片见本章附录。由图 3.2 可知，其主要由机架、腋撑、肘撑、靠背装置、治疗头组件、扭转装置、底盘等部件组成。

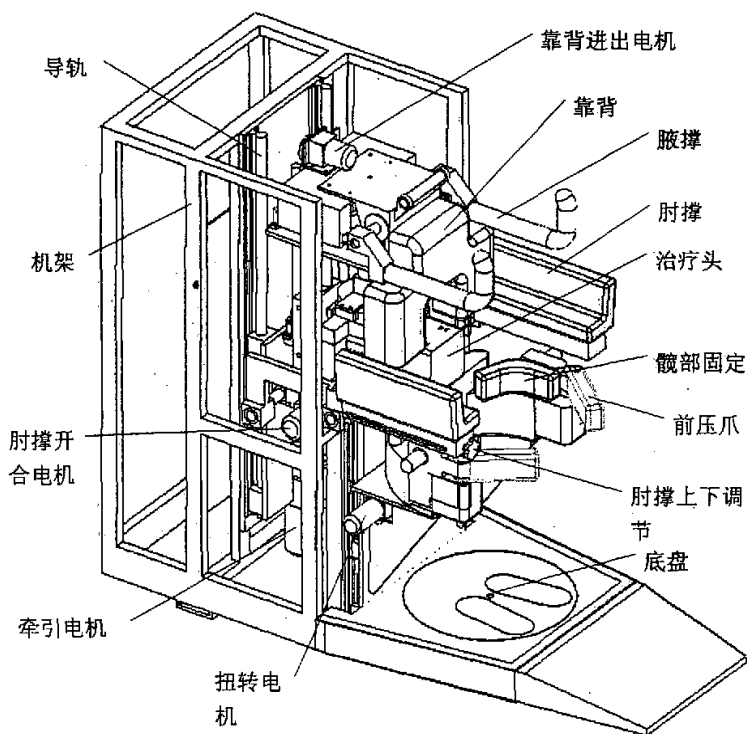


图 3.2 机械系统总体结构

为了实现悬吊牵引，设计了“腋撑”和“肘撑”来分担人体重量。在悬吊牵引时，通过将“腋撑”置于患者腋部，患者的双肘放在两个“肘撑”上来支撑患者身体重量。为了适应不同身形的患者，“腋撑”与“肘撑”的位置应均可调节，主要包括两“腋撑”间距、两“肘撑”间距以及“腋撑”与“肘撑”的间距三个位置。由于人体腋间间距对两“腋撑”间距变化较为“敏感”，为了避免“腋撑”间距的过大或过小使病人感到不适甚至被夹伤，所以将“腋撑”开合设计为手动调节方式。由于人体肘部柔韧性好，故两“肘撑”间距可设计为电动调节，它是由“肘撑开合电机”驱动，通过齿轮、丝杠传动机构带动安装在一对反向螺母上的两个“肘撑”做开合动作。由于人体腋部与肘部的间距变化不大，“腋撑”与“肘撑”间距的调节是通过“调节螺杆”手动调整。牵引电机通过丝杠传动可以使治疗机沿着导轨上下运动。向上运动时，在“腋撑”和“肘撑”的支撑下病人被抬起，利用病人下半身的自重进行悬吊牵引治疗。

患者被悬空后，“扭转伺服电机”驱动治疗机的“扭转装置”，在病人的腕部施加有规律的扭转运动，这样就可对病人进行扭转推拿治疗。“扭转装置”主要

由“髋部固定”、“前压爪”等部件组成，其结构的工作原理将在后面 3.3 节详细介绍。

为了保证扭转推拿的治疗效果，在扭转的同时，要求患者的上半身不能随髋部的扭转力而转动，并且要保证病人的身体轴线与髋部旋转中心轴线重合，不能前倾和后仰。人有胖瘦，前胸和后背间的距离便不尽相同；又因髋部旋转中心固定，所以设计了由“靠背电机”驱动，前后位置能够调整的“靠背”装置，用于固定与定位患者上半身，以保证不同体型患者都能处于所要求的治疗姿态。同时，“靠背”上装有雄尼龙搭扣，给患者穿上装有雌尼龙搭扣的专用背心后可将病人固定于其上，从而分担了大部分体重，使人的悬吊牵引更舒适。“靠背”组件的传动结构如图 3.3 所示。

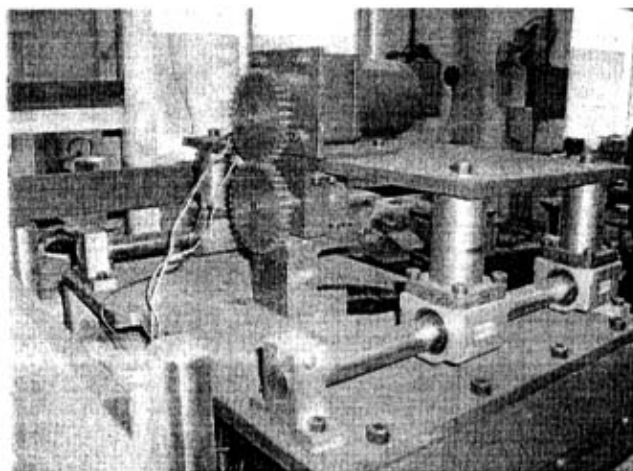


图 3.3 靠背传动结构

在患者髋部没有被固定的情况下，“治疗头”可以在电机驱动下向前伸出，顶住患者腰部，将其抬起，使身体形成一个角度，这样就实现了治疗机的背伸治疗功能。通过位移传感器检测背伸量。同时为了适应不同体型的病人，治疗头还可以由电机驱动上下移动。除了进行背伸治疗外，治疗头组件上还安装有振动按摩装置、微波治疗仪以及强磁体，用来实现治疗机的振动按摩治疗、微波热疗、磁疗等辅助治疗功能。治疗头组件的工作原理将在后面 3.4 节详细介绍。

治疗机的“底盘”中安装有称重传感器，在人体牵引抬起的过程中，它可以测出病人体重对底盘的压力大小，这样就可以根据底盘所承受的患者体重的大小间接控制牵引力的大小。例如可分为底盘承重是患者体重的 1、1/2、1/3、1/4、

1/5、0 倍等几档牵引程度。当底盘承重为体重的 1 倍时，说明还没有开始牵引；0 倍时即为人体完全悬空的状态。需要说明的是由于人体的柔韧性以及病人脚部活动的干扰，利用这种方式得到的牵引力控制不会十分精确，但这并不会影响疗效，因为这种分档牵引的主要目的是为了保护老弱病人，防止突然悬空，对病人造成伤害。

悬吊式腰痛治疗机属于医疗器械，它的作用对象是人，所以它的机械结构尺寸必须满足人机工程的要求。所有治疗部件的尺寸都是根据人体的尺寸参数来设计，使治疗机适应 1.4 米至 2 米身高的成人。一般来说成年人的人体尺寸之间存在一定的比例关系^[33]，对比例关系的研究，得出了该机的各部件的尺寸及所需的运动范围。

综上所述，通过对这几种运动治疗方式的组合实现了课题的治疗功能要求。

3.3 扭转推拿组件

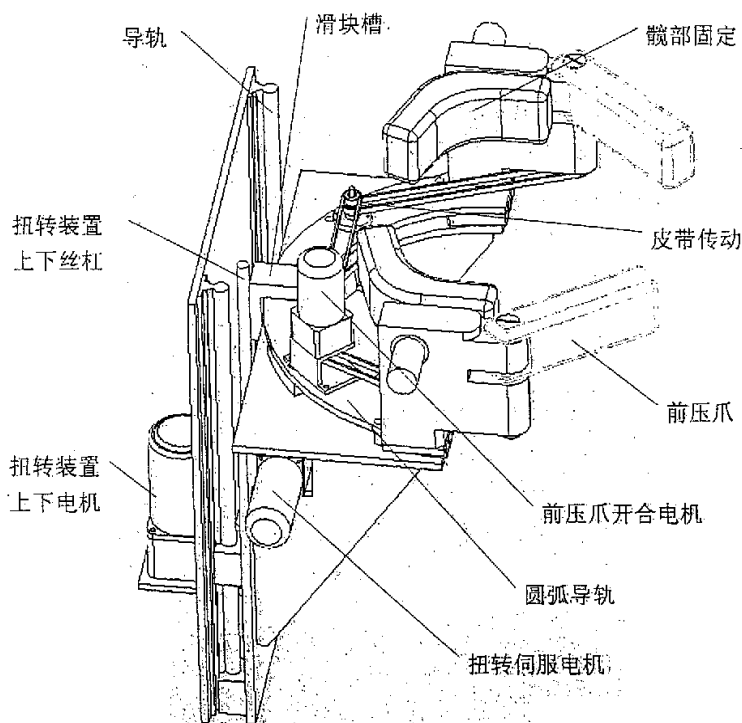


图 3.4 扭转推拿组件

扭转推拿组件是治疗机上的一个关键组件，它主要用来模拟推拿手法的扭转

治疗功能。

扭转推拿组件如图 3.4 所示，它是通过一对“髋部固定”和一对“前压爪”装置固定住病人的髋部，并带动患者做有规律的扭转运动来实现扭转推拿治疗功能的。考虑到治疗机的安全性，两个“髋部固定”的开合设计为手动调节方式，防止夹伤病人，并且当治疗机发生故障紧急停机时，在断电情况下，可通过手动调节方式将病人从治疗机上释放。在背伸治疗前，治疗机必须将一对“前压爪”打开，这样才能将病人的腰部顶起，完成背伸动作，故将“前压爪”的开合动作设计为电机驱动方式。“压爪开合电机”通过三副“皮带传动”来实现前压爪的开合，皮带传动具有的过载保护特点可以防止夹伤病人。

为了适应不同体型的病人，扭转推拿组件的上下位置必须可以调节。“扭转上下电机”经过减速器和丝杠螺母传动带动扭转组件沿着“导轨”做上下运动，并且利用丝杠传动的自锁特点，实现扭转组件的位置调节。

“扭转伺服电机”经丝杠螺母传动带动固定在螺母上的“滑块槽”运动，在“滑块槽”的槽内有个滚子滑块（图中未示），该滚子滑块是固定在“圆弧导轨”上的，当“滑块槽”直线运动时，通过滚子滑块，带动“圆弧导轨”转动。髋部固定和前压爪是固定在“圆弧导轨”上，也随之转动，也就对病人施加了一个扭转动作。通过按一定的运动规律扭转，就会实现治疗机的扭转推拿治疗。为了更好的实现扭转装置的速度位置控制，“扭转伺服电机”采用了伺服电机。扭转装置的机构运动简图以及运动学分析如图 3.5 所示。

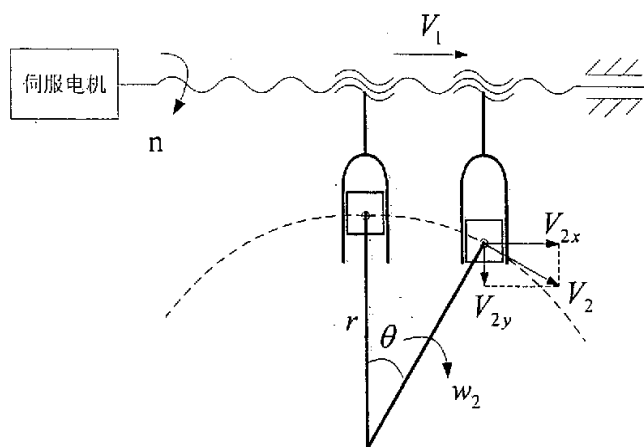


图 3.5 扭转机构运动学分析

丝杠螺母副的导程为 $l=2\text{mm}$ ，回转半径 $r=252.5\text{mm}$ 。设 n 为电机转速 (rpm)，

V_1 为丝杠螺母副中螺母的线速度, V_2 为滑块线速度, ω_2 为滑块角速度, V_{2x} 、 V_{2y} 分别为 V_2 在水平和垂直方向的分量, 由图可得如下方程:

$$V_{2x} = V_1,$$

$$V_1 = nl / (60 \times 1000),$$

$$V_2 = r\omega_2,$$

$$V_{2x} = V_2 \cos \theta.$$

由以上方得到电机转速与扭转速度的关系为

$$n = 7575\omega_2 \cos \theta.$$

3.4 治疗头组件

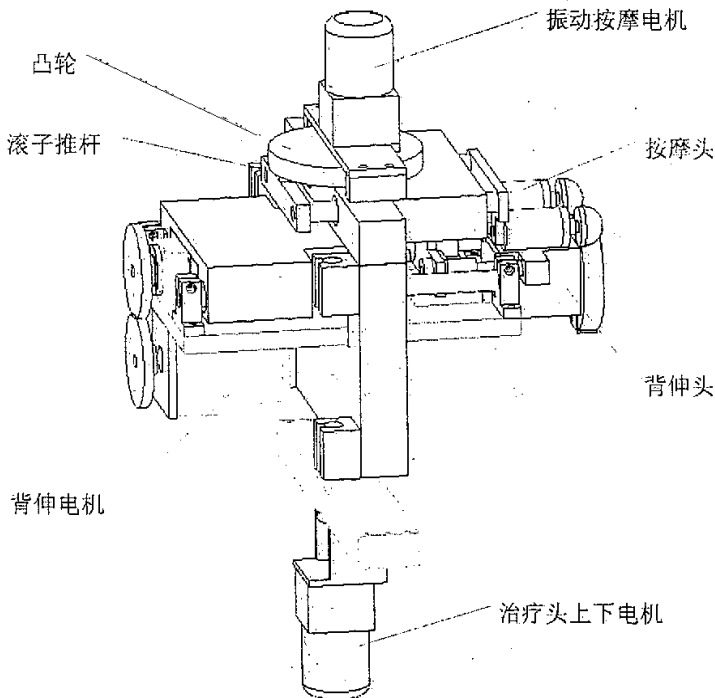


图 3.6 治疗头组件

治疗头组件的主要功能是实现背伸治疗和振动按摩治疗、微波热疗、磁疗等治疗方法。它主要由背伸装置、按摩装置等部件组成。治疗头组件的结构原理如

图 3.6 所示。

“背伸电机”的旋转运动经减速器、齿轮传动后，通过丝杠螺母传动转化为“背伸头”的前后直线运动。“背伸头”伸出时可以顶起病人的腰部，通过检测“背伸头”的位移量得到背伸量，这就实现了治疗机的背伸治疗功能。另外“背伸头”内装有微波仪和强磁体，用来实现微波热疗和磁疗。

振动按摩装置由“按摩头”、“振动按摩电机”、“凸轮”机构组成。电机经由“凸轮”机构，通过槽内的“滚子推杆”带动“按摩头”作直线往复运动，以实现捶打按摩动作。为了实现振动频率的调节，“振动按摩电机”采用直流调速电机。振动按摩装置如图 3.7 所示。

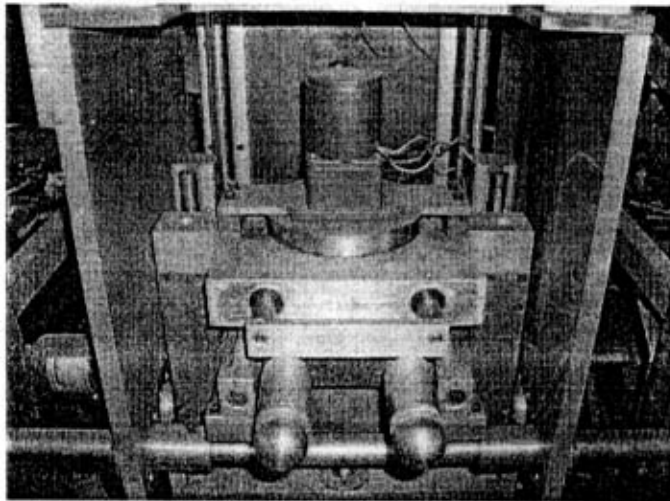


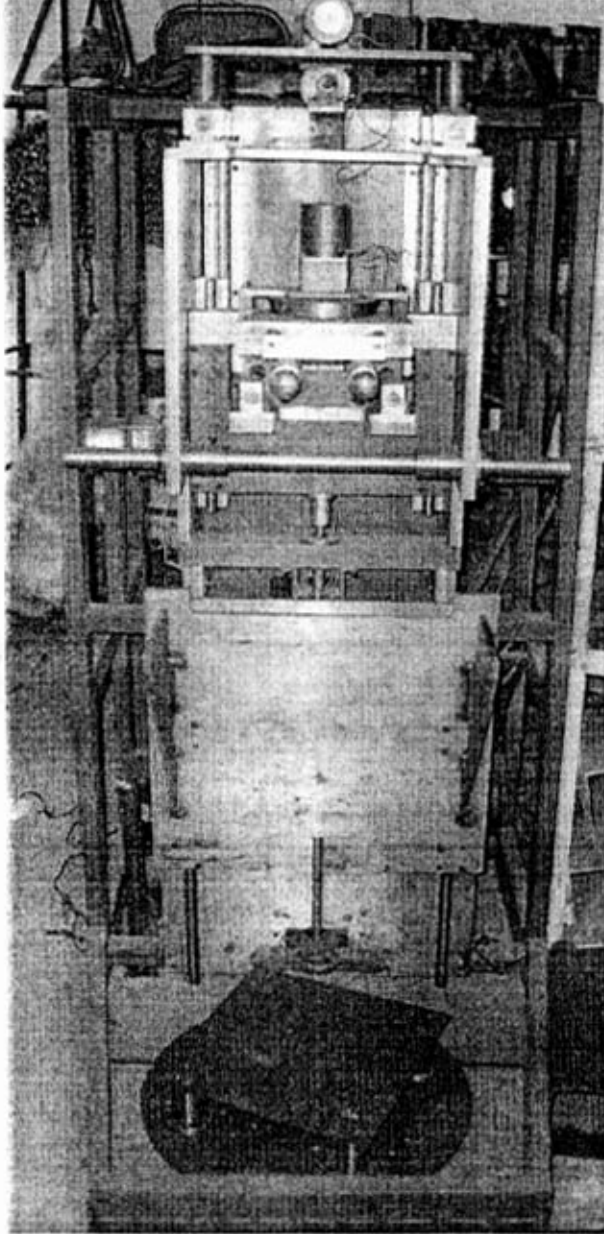
图 3.7 振动按摩机构

同样，为了适应不同体型的病人，治疗机组件还应实现上下移动。“治疗头上下电机”经过丝杠螺母副的传动来带动安装在螺母上的治疗头组件的上下运动。

3.4 本章小结

本章首先从讨论了医疗器械中应用人机工程学的重要性，强调医疗器械设计应该从人机工程设计角度出发，并且讨论了医疗器械产品设计过程中进行人机工程设计的主要内容。详细介绍了悬吊式腰痛治疗机机械系统总体结构设计，并且重点讨论了扭转推拿组件和治疗头组件的工作原理。

附录



试制过程中的样机

第四章 治疗机控制系统

4.1 治疗流程

在控制系统设计之前，首先确定治疗机的操作流程。

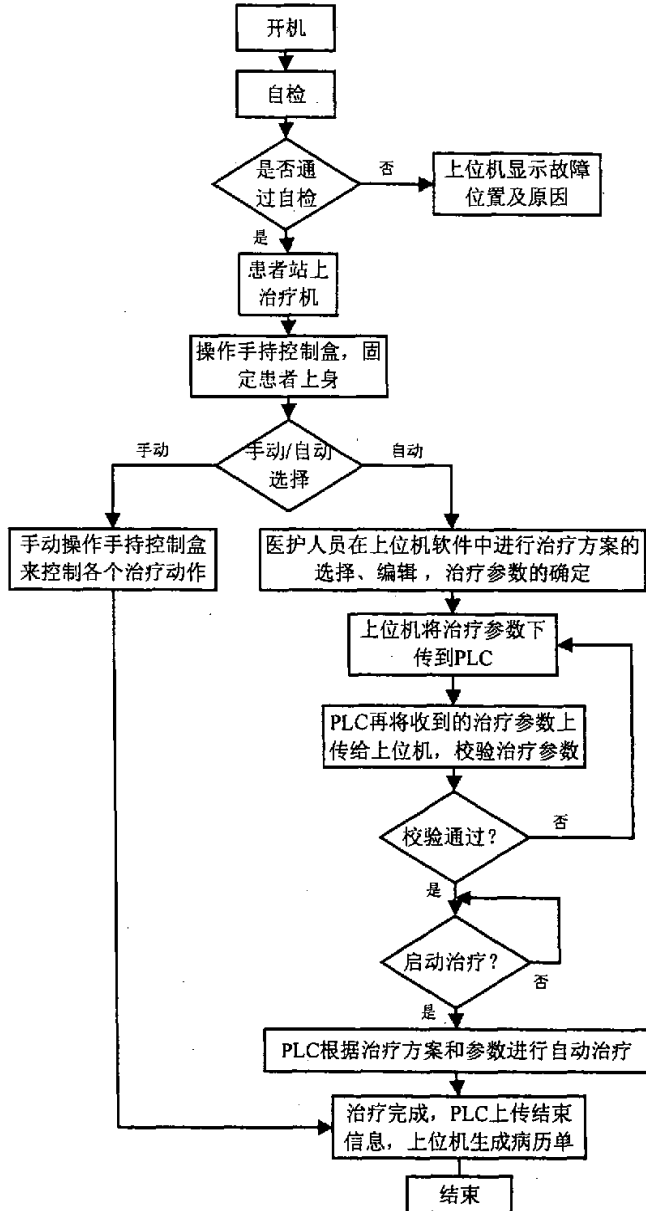


图 4.1 治疗总流程

治疗总流程如图 4.1 所示, 为了保证患者的安全, 治疗机开机以后首先应该能够进行自动自检功能, 就是要让治疗机各个运动部件离开原点位置, 到达极限位置后再回到原点位置, 以此来检验机械部件、执行元件、检测元件、控制系统的是否完好, 如果发现故障, 能够在上位机的显示器上显示故障位置及原因。自检通过后, 医护人员就可以通过手持控制盒来操作治疗机了。为了提高可靠性, 确保患者的人身安全, 本系统将固定患者上身的各动作的控制设计为手动操作手持控制盒的半自动方式, 并且设有限位开关以防止夹伤患者, 这些动作包括治疗机上下、靠背部进出、肘部支撑开合、髋部固定上下、髋部固定前压爪开合、治疗头上下等, 另外腋部支撑开合为手动调整方式。当患者上身固定以及治疗头定位好了以后, 就可以开始进行治疗了。治疗机有两种治疗方式, 手动治疗方式和自动治疗方式, 用手动/自动开关来切换。在手动方式下, 医护人员可以通过手持控制盒来开启或关闭各个治疗动作, 包括治疗机上下运动的牵引治疗动作、腰部背伸治疗、腰部扭转治疗以及振动按摩治疗, 其中的腰部背伸治疗和腰部扭转治疗互锁, 不能同时进行。如果选择的是自动治疗方式, 医护人员首先要根据患者的情况在上位机软件中进行治疗方案的选择或编辑、治疗参数的调整设置。设置好治疗参数后, 将它下载到 PLC 控制器, 此时会指示灯提示“设置完成”。按下“启动”按钮, 治疗机将会根据设置好的治疗方案自动完成所有治疗动作。最后依次松开患者上身固定装置, 结束治疗, 同时上位机生成病历及其他治疗信息。

4.2 控制系统总体结构

在前面已经说明, 本系统采用可编程控制器 (PLC) 和工控机 (IPC) 两级控制的结构。PLC 主要负责设备低层的控制功能, 主要包括负责按钮、行程开关和其它开关量信号以及传感器模拟量信号的输入, 并且输出信号去控制接触器、继电器、交流伺服控制器等, 进而控制各电机的运行, 同时控制相应指示灯的显示。工控机用来进行数据运算、治疗参数的修改与设定、全自动控制、在线监视、传送信息等工作。工控机通过串行口与 PLC 相连, 进行相互通信, 所以工控机是通过发出命令去控制 PLC 的运行以达到进行全自动控制的目的。控制系统总体结构如图 4.2 所示。其中 7 个功率不同的交流电机分别实现治疗机各个自由度的运动、一个直流调速电机完成振动按摩功能、一个交流伺服电机用于实现扭转

推拿治疗功能；检测要素包括一个称重压力传感器和一个位移传感器，分别用于检测牵引力和背伸位移量。

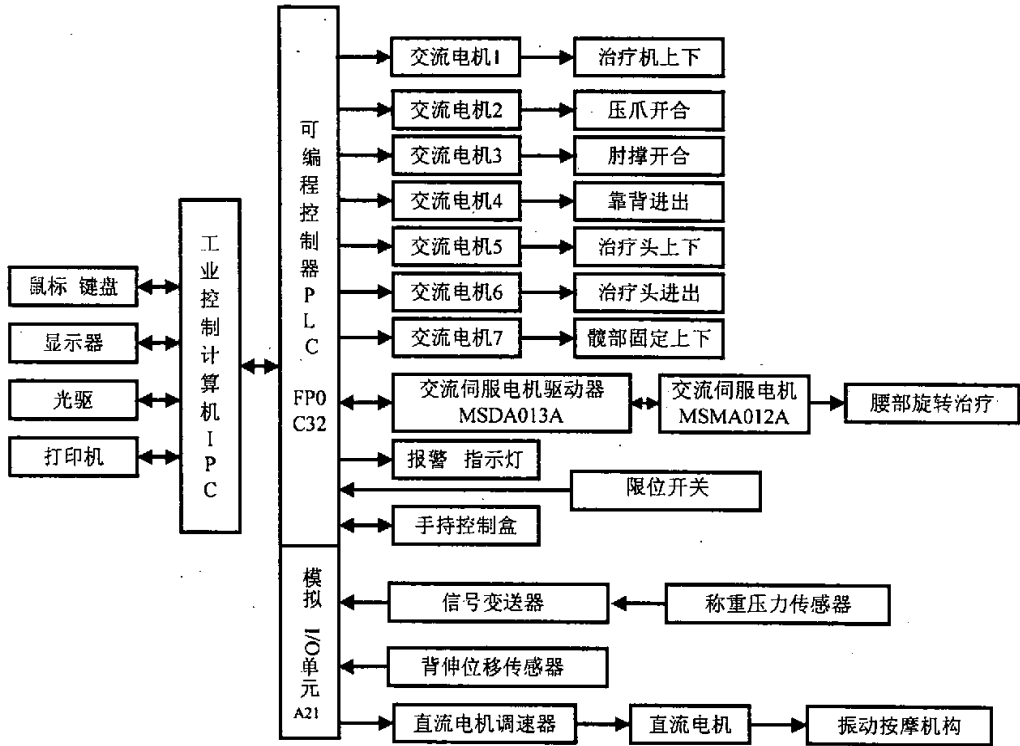


图 4.2 控制系统总体结构图

4.3 控制系统的硬件配置

治疗机控制系统主要器件包括工控机（另配显示器）、PLC、伺服驱动器、伺服电机、传感器、电源等。它们的选择都是以在保证功能的前提下尽可能地选择可靠性高和使用方便的产品为依据，具体情况如下：

1、工业计算机 IPC

根据本系统要求和控制目的，综合考虑了主机处理速度、可靠性、扩展能力、插槽数目、性能价格，选用研华 Rack-610 工控机作为控制系统的上位主机。Intel PIV 1.8G CPU，256M 内存，20G 硬盘，内部底板上有 4 个 ISA 总线插槽、2 个 PCI 总线插槽和一个 CPU 插槽，可以方便地进行系统扩展，另外选配冠捷 L170 型 17 寸液晶显示器，运行 Windows2000 操作系统，外接打印机，打印报表。

2、PLC 的选型

在进行这项工作之前，需要对控制对象和控制任务进行统计和分析。然后确定系统的规模、机型和配值。据统计，该治疗机控制系统需要配置如下的不同性质的 I/O 点：

- 24 个开关量输入；
- 21 个开关量输出；
- 2 个模拟量输入；
- 1 个模拟量输出；
- 1 个控制脉冲输出。

根据对上述控制任务的分析，以及通过对各种 PLC 的价格/性能比，指令系统的功能进行比较，本课题选用日本松下公司 FP0 系列 PLC。FP0 系列具有超小型的尺寸和很强的控制功能。一个控制单元只有 25 毫米宽，它的安装面积是同类产品中最小。FP0 的运行速度在同类产品中是最快的，高速 CPU 执行每个基本指令只需 0.9 微秒，脉冲捕捉和中断输入可满足了高速响应的需要。FP0 系列有个重要的特点就是具有很强的控制功能，具备两路脉冲输出，利用独有的位置控制指令（F168）可单独进行位置控制，互不干扰。另外它还有双相、双通道高速计数功能。因此本课题选用的 FP0 系列 PLC 非常适合运动控制应用的场合^{[34][35]} [36]。

FP0 系列最多可用三个扩展单元，I/O 口可扩充到 128 点。根据 I/O 点数的需求，配置了如下的模块：

- 1) 控制单元 FP0-C32CT：5k 步容量的程序存储器 EEPROM，16 点输入，16 点晶体管输出，带有 RS232C 通信端口；
- 2) 1 个数字量输入输出扩展单元 FP0-E32T：16 点输入，16 点晶体管输出；
- 3) 1 个模拟量输入输出扩展单元 FP0-A21：可提供两路具有 12 位分辨率的 A/D 输入回路和一路具有 12 位分辨率的 D/A 输出回路；
- 4) 电源单元 FP0-PSA1

控制单元与扩展单元的连接非常简便，扩展单元可直接连接到控制单元上形成层叠系统，而无需特殊扩展电缆，底板等。

3、交流伺服系统

伺服控制系统按其驱动元件划分,有步进伺服系统、直流电机伺服系统、交流电机伺服系统。由于直流电动机存在电刷和换向器的限制,以及直流伺服系统生产、维护成本高。伴随着新的控制器件和电机控制方法的出现,交流伺服系统已经广泛地替代了直流伺服系统^[37]。

本课题采用松下交流伺服系统进行扭转治疗的控制,包括松下交流伺服电机 MSMA012A 和松下交流伺服电机驱动器 MINAS A 系列的 MSDA013A^[38]。交流伺服驱动系统为半闭环控制,其电机的控制精度由电机轴后端的旋转编码器保证。电机为小惯量式,额定功率为 100 瓦。旋转编码器为 2500 线增量式。

扭转治疗伺服控制系统将在第五章中详细讨论

4、传感器选型

(1) 称重传感器

用于检测牵引力大小的称重传感器采用国产 S-200 型号的称重传感器,额定载荷为 200kg,灵敏度为 2.0038mV/V,激励电压为 10V。为了提高信号抗干扰能力,检测电路加了一个前置信号变送器,它将传感器输出的电压信号转变为标准的 0~20mA 电流信号,并为传感器提供高精度激励电压。工作原理如图 4.3 所示。

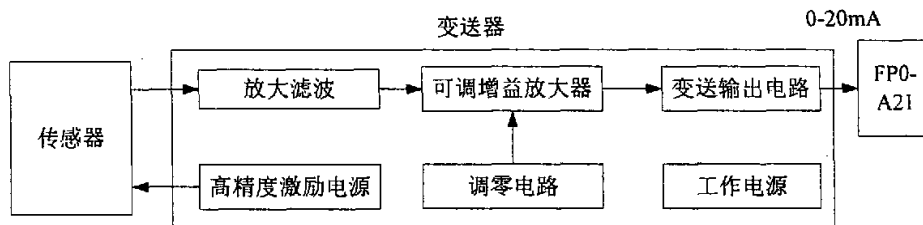


图 4.3 称重检测电路原理图

(2) 位移传感器

用于检测背伸治疗位移量的传感器采用上海天沐 NS-WY04-500L 型位移传感变送器,变送部分一体化,量程 500mm,输出信号为 4~20mA,本系统将传感器的输出接 PLC 的 CH1 模拟量输入通道。

5、直流电机调速器

直流电机调速器用于驱动振动按摩直流电机,通过调节电机速度来改变振动频率。采用 DMC 型可控硅式直流电机调速器。图 4.4 为接线图。

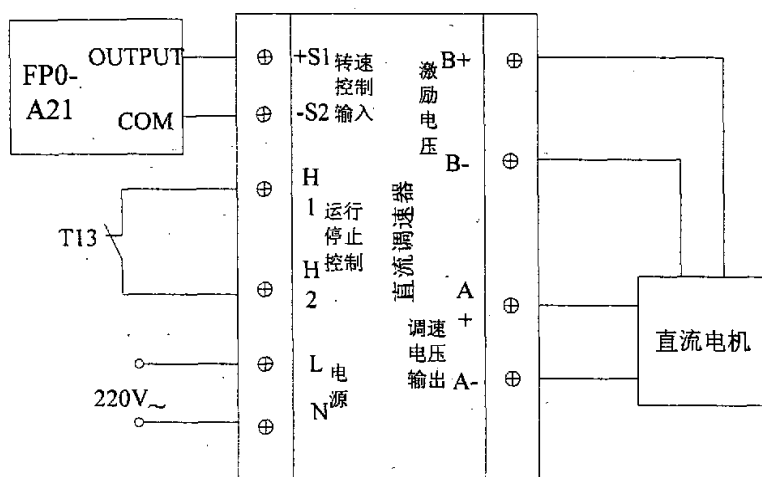


图 4.4 直流调速接线图

S1、S2 为转速控制输入端，接 PLC 的模拟量输出口，通过改变 S1、S2 的电压来调节 A+、A- 电枢电压输出端，以控制直流电机的转速。H1、H2 为运行/停止控制端，接 T13 继电器常闭触点。H1、H2 端子闭合，电机停止；断开，电机运转。

4.4 PLC 输入输出资源分配和电气控制结构

1、PLC 的 I/O 分配与硬件接线

PLC 的控制采用寻址方式，I/O 继电器区实际上就是这些外部输入输出设备状态的映像区，PLC 机通过 I/O 区中的各个位与外部物理设备建立联系。因此，需将治疗机各个控制部件进行输入输出定义，并分别分配地址号，根据 I/O 分配以及所选 PLC 的特点就可以进行 PLC 系统的硬件接线图设计。如图 4.5 所示。

2、电气控制结构

PLC 的输出通过继电器间接的控制各电机运转。图 4.6 即为本系统的电气控制图。

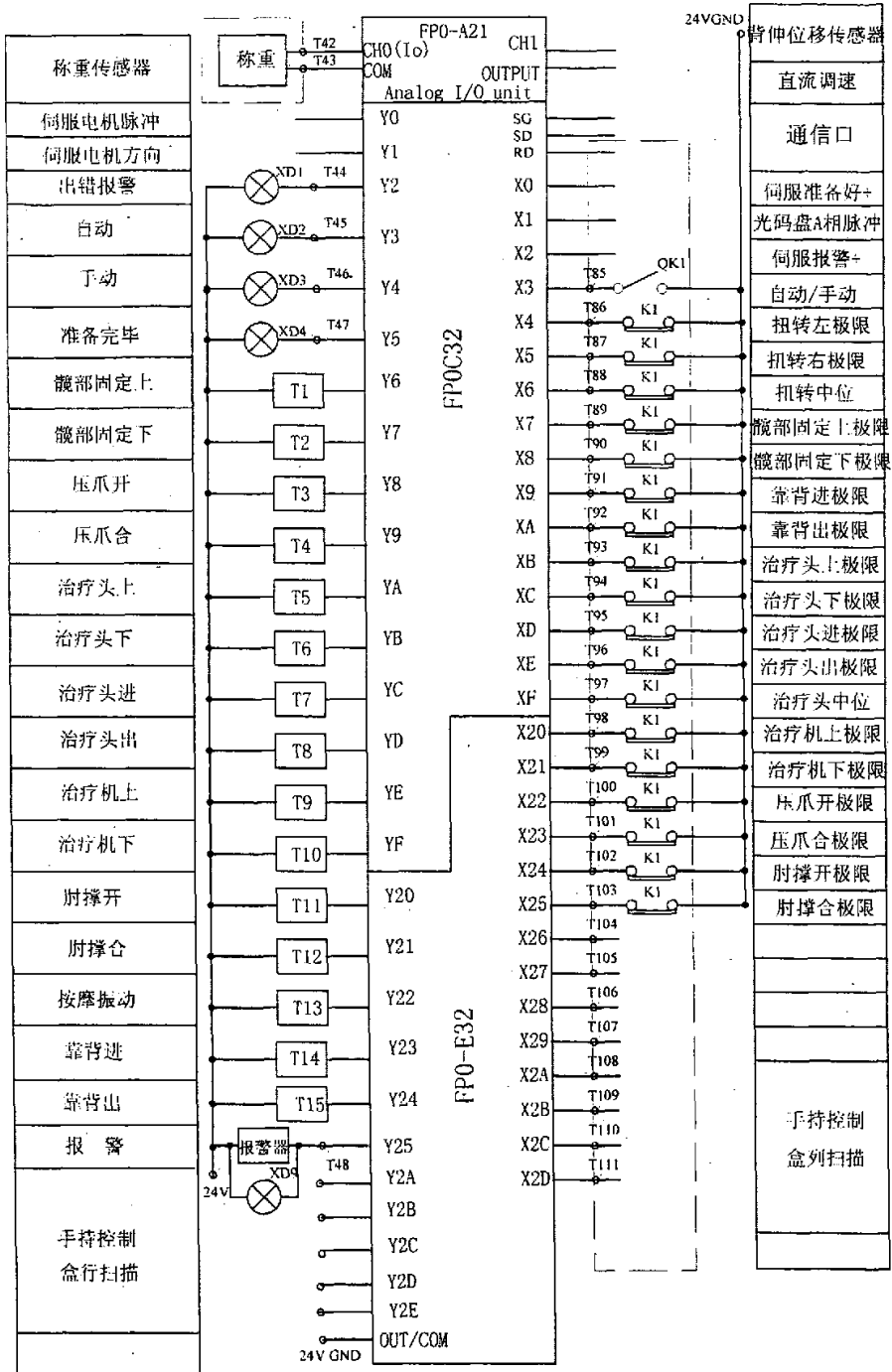


图 4.5 PLC 的 I/O 分配与接线图

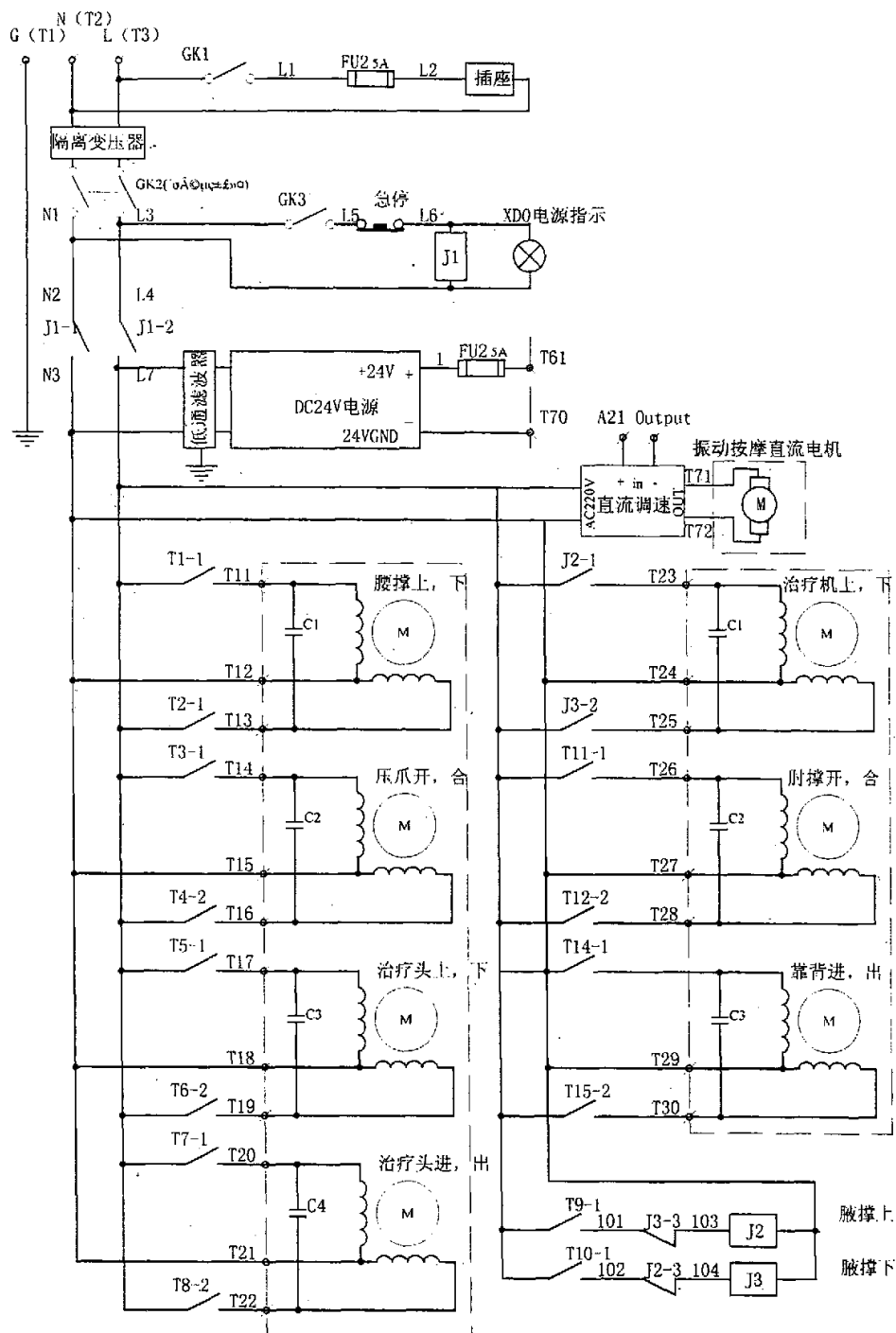


图 4.6 电气控制图

4.5 手持控制盒原理

医护人员通过手持控制盒来进行治疗机的手动控制和调整，它是由 21 个按键输入和故障、电源指示灯组成。如图 4.7 所示。

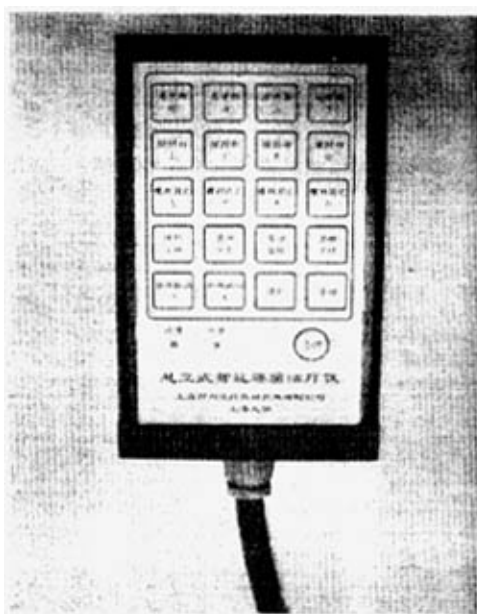


图 4.7 手持控制盒

手持控制盒最简单常用的一种控制方法就是每个按键开关分别对应一个 PLC 的输入点，有多少个键就有多少根线与 PLC 的 I/O 口相连。这种方法控制盒总共需要占用 PLC 的 20 个输入点，1 个输出点（故障指示）；加上一个急停按钮和一个电源指示，控制盒的线束多达 25 根线，电缆过粗，操作不便。因此，为了节约 PLC 的 I/O 资源，减少控制盒的线束，根据 PLC 采用循环扫描的工作方式的特点，我们设计了一种类似单片机矩阵键盘扫描的控制方法。这种方法的原理是按键 N 行 M 列排列，每个按键占据行列的一个交点，需要的 I/O 数目是 $N+M$ ，容许的最大按键数是 $N \times M$ 。按键的识别主要靠软件来实现，需要编写键盘扫描程序。显然这种方法可以减少与 PLC 的连线数，节约资源，简化结构。根据以上原理，本系统为 5×4 键盘结构，可以有 20 个按键输入。行为 5 个 PLC 的输出，列为 4 个 PLC 的输入，加上 1 个故障指示灯，总共只占用了 PLC 的 10 个点，和原方案相比，大大减少了 PLC 的占用点数，控制盒线束也总共只有 11 根。硬件图如图 4.8 所示。

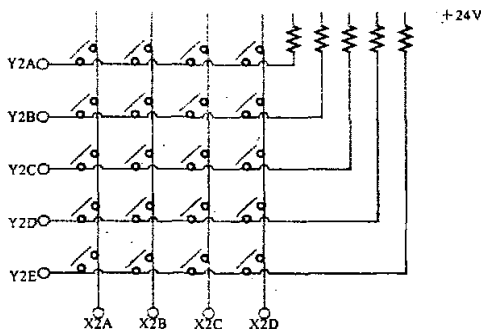


图 4.8 手持控制盒按键扫描硬件图

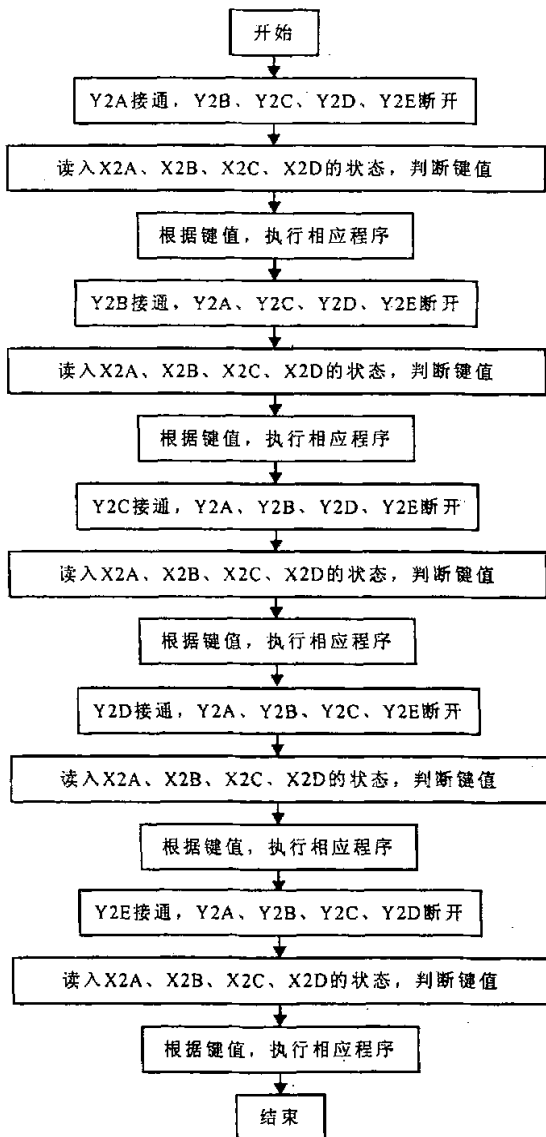
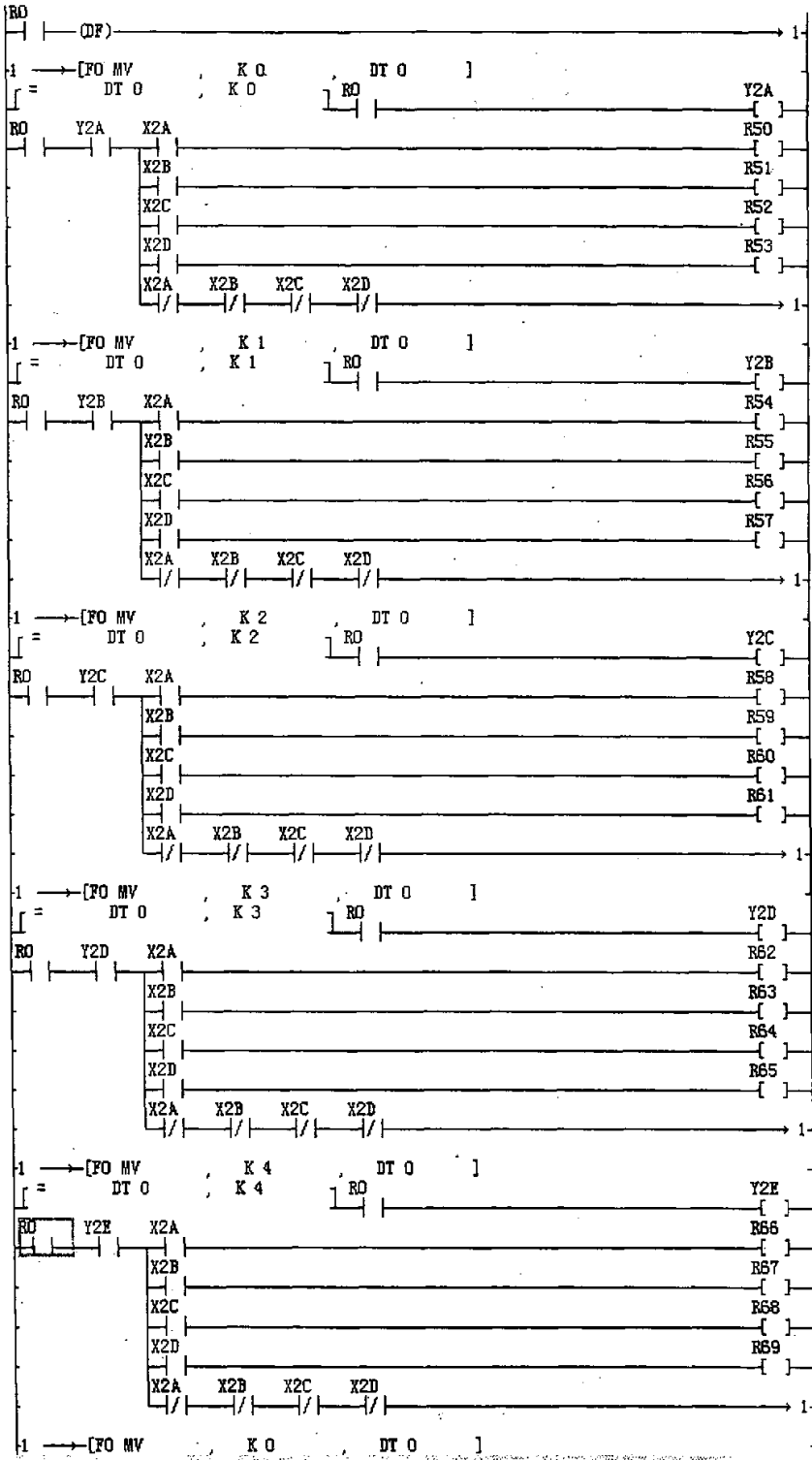


图 4.9 按键扫描软件流程图

按键的识别要靠软件来实现，PLC 软件流程图如图 4.9 所示。梯形图如下：



必须注意的是, PLC 采用的是循环扫描的工作方式, 它对用户程序的执行过程是通过 CPU 的周期循环扫描, 并采用集中采样、集中输出的方式来完成。输入刷新、程序执行和输出刷新三个阶段构成 PLC 的一个循环扫描周期。由此可见, PLC 的扫描周期 T 为: $T=I/O$ 刷新时间+ (扫描速度 \times 程序步数)。FP0 每条基本指令的执行时间为 $0.9\mu s$, 本系统的 PLC 程序约为 2000 步, I/O 刷新时间为 2~3ms, 故扫描周期 T 为: $T=3+(0.9\times 2000)/1000=4.8ms$, 可见一个完整的循环扫描周期小于 10ms, 所以采用这种控制方式的手持控制盒按键操作响应不会产生明显延迟或漏判, 反而可以起到防止抖动的作用。

4.6 PLC 软件设计

PLC 程序流程如图 4.10 所示, 其中实现不同治疗菜单的自动治疗程序流程如图 4.11 所示。由于治疗机可根据用户编辑的治疗菜单和参数进行自动治疗, 所以 PLC 自动治疗程序不是固定参数的, 它可根据不同的治疗菜单及参数进行治疗。为了实现自动治疗, 我们将可能出现的最多治疗动作的治疗菜单归纳为 10 个步骤, 所有的治疗菜单都是由这 10 个步骤组合而成。

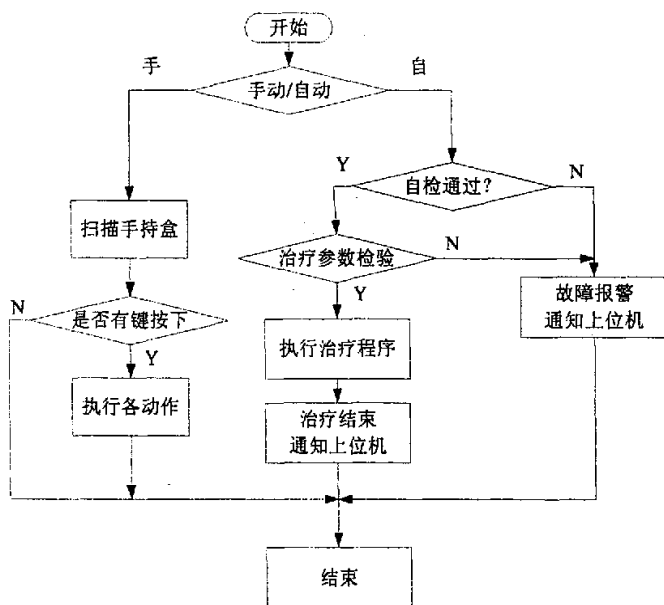


图 4.10 PLC 程序流程图

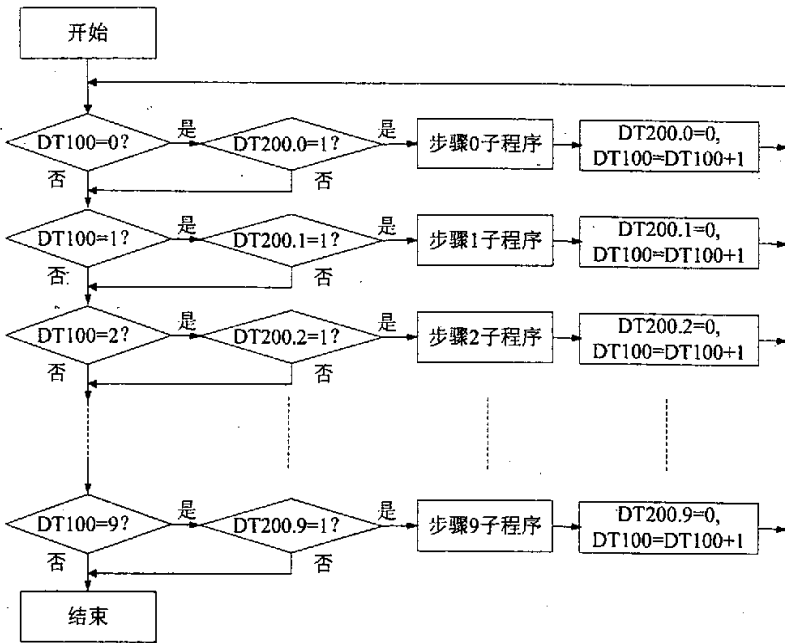


图 4.11 自动治疗程序流程图

表 4.2

DT200 位	治疗动作	参数寄存器
0	牵引 1/2, 振动按摩	振动时间 DT300, 停顿时间 DT301, 振动反复次数 DT302
1	牵引 1/3, 振动按摩	振动时间 DT303, 停顿时间 DT304, 振动反复次数 DT305
2	牵引 1/4, 振动按摩	振动时间 DT306, 停顿时间 DT307, 振动反复次数 DT308
3	牵引 1/5, 振动按摩	振动时间 DT309, 停顿时间 DT310, 振动反复次数 DT311
4	牵引 1/6, 振动按摩	振动时间 DT312, 停顿时间 DT313, 振动反复次数 DT314
5	牵引 1/8, 振动按摩	振动时间 DT315, 停顿时间 DT316, 振动反复次数 DT317
6	牵引 1/10, 振动按摩	振动时间 DT318, 停顿时间 DT319, 振动反复次数 DT320
7	牵引 1/12, 振动按摩	振动时间 DT321, 停顿时间 DT322, 振动反复次数 DT323
8	牵引 0, 扭转治疗	扭转次数 DT324, 扭转规律 DT325~的 DT339
9	背伸治疗	背伸次数 DT340, 背伸量 DT341, 停顿时间 DT342

表 4.2 为各步骤的 PLC 的寄存器映射。其中 DT200 寄存器的 0~9 位分别为

各基本步骤的是否执行标志，如果标志位等于零，表示该步骤不执行，程序自动跳过该步骤。这样程序即可灵活的按治疗菜单要求，执行各种治疗方案。寄存器 DT300~DT342 对应所有的治疗参数。DT100 为步骤号标志。

其中步骤 0 振动按摩治疗子程序如图 4.12 所示，DT100 为步骤标志。步骤 8 扭转治疗子程序在第五章中详细讨论。

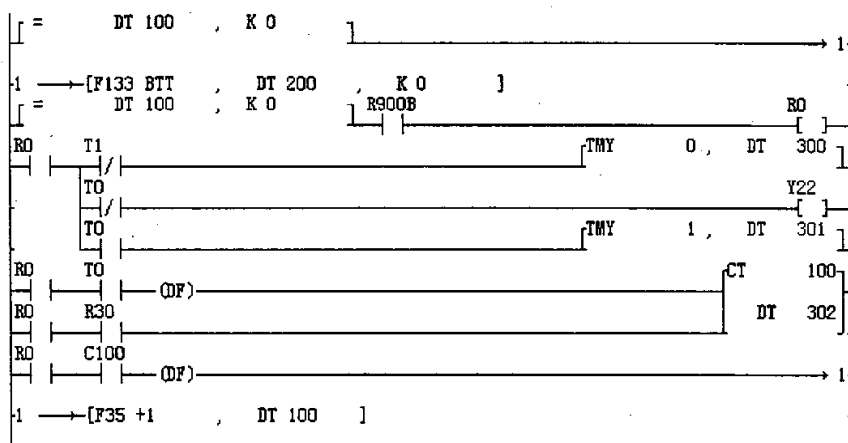


图 4.12 步骤 0 振动按摩治疗子程

4.7 系统抗干扰措施

PLC 系统中混入输入、输出的干扰，或感应电压，容易引起错误的输入信号，从而引起错误的控制信号。医疗器械的控制系统稳定性和可靠性尤为重要，为了使控制器稳定地工作，提高整体控制系统的可靠性，在控制系统采取一些有效的抗干扰措施是非常必要的。

1、抗电源干扰 本课题的控制系统中采用了以下几种抗电源干扰措施：

1) 使用隔离变压器 使用隔离变压器将屏蔽层良好地接地，对抑制电网中的干扰信号有良好的效果。为了改善隔离变压器的抗干扰效果，必须注意两点：一是屏蔽层要良好接地，二是次级连接线要使用双绞线。双绞线能减少电源线间干扰。

2) 使用滤波器 在一定的频率范围内有一定的抗电网干扰作用。

3) 分离供电系统 将控制器、I/O 通道和其他设备的供电分离开来，也有助于抗电网干扰。

2、控制系统接地

控制系统的接地一般有如图 4.13 所示的三种方式：图 (a) 为控制器与其他设备分开单独接地方式，这种接地方式最好；如果做不到每个设备专用接地，也可以使用图 (b) 的公用接地点分线接地方式；不能采用图 (c) 的串联接地方式。

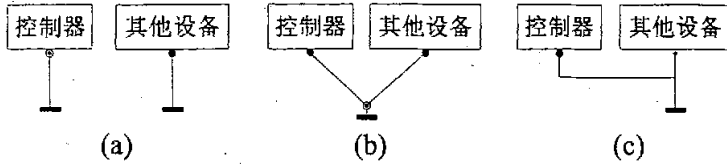


图 4.13 接地方法

本系统采用图 (b) 的接地方式，将控制器和其他设备公用接地点分线接地，并且避免与电动机、变压器等动力设备共通接地。

3、防外部配线干扰 为防止或减少外部配线的干扰，采取了下列措施：

- 1) 控制器的接地线与电源线或动力线分开。
- 2) 输入、输出信号线与高电压、大电流的动力线分开配线。
- 3) 为了防止因系统失常而发生重大事故，本课题设有紧急停机电路。

4、其它抗干扰措施

1) 本课题中的压力传感器经信号变送器将电压输出转换为 0~20 毫安，可提高信号的抗干扰能力。

2) 除了硬件抗干扰措施外，本系统还采用了许多软件抗干扰方法，例如上位机传送治疗参数到 PLC 后，PLC 不是马上开始执行，而是再把治疗参数回传给上位机校验，如果没有错误，PLC 才会按设定参数运行，否则上位机将重新传送治疗参数。另外为了防止误操作，上位机控制软件设定了参数限位，确保医生输入的治疗参数不超过系统允许的范围。

4.8 本章小结

本章主要介绍了悬吊式腰痛治疗机控制系统的结构组成，以及硬件选型与配置。分析了 PLC 输入输出资源分配、电气控制结构与手持控制盒的软硬件原理。医疗器械的控制系统稳定性和可靠性尤为重要，最后详细讨论了本课题采取的系统抗干扰措施。

第五章 扭转治疗伺服系统的分析与研究

治疗机的扭转治疗功能是牵引治疗的同时在患者胯部施加一个有规律的左右旋转扭力，模拟中医正骨推拿手法治疗。扭转治疗是治疗机的一个主要功能，它对治疗效果有非常大的影响。扭转治疗动作的关键是治疗机的胯部支撑要能够实现不同的位移、速度曲线。由上一章叙述可知，扭转治疗采用交流伺服控制系统，为了提高伺服系统的定位精度，运行平稳性以及更快的动态响应速度，本课题采用了松下交流伺服驱动器和配套的交流伺服电机。

5.1 松下交流伺服单元与控制器连接方式分析^{[39][40]}

松下交流伺服电机为永磁同步电机，其控制原理以永磁同步电机矢量控制理论为基础，在交流伺服驱动器内部又扩展了许多保护功能：主电源超压保护、过热保护、过流保护、伺服报警保护、机械制动保护、转矩限制保护等等。这些保护功能使伺服系统运行更加稳定。通过设定伺服驱动器的内部参数 Pr02 的值（Pr02 相当于换档开关），松下伺服驱动器可以有三种不同的工作方式：位置控制方式、速度控制方式以及转矩控制方式。与控制器也有三种连接，使伺服系统在位置控制方式、速度控制方式和转矩控制方式下运行。

本课题中的 Pr02 被设置为 0，伺服驱动器的工作方式为位置控制。与控制器的联接方式如图 5.1，组成半闭环位置控制。

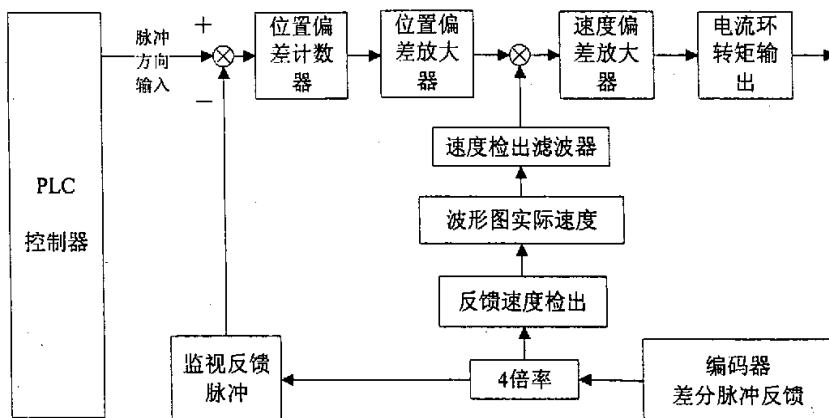


图5.1 半闭环位置方式控制框图

来自控制器的脉冲信号输入送入伺服驱动器，经电子齿轮倍频后，与反馈脉冲信号比较后形成偏差信号，位置偏差信号放大后与速度前馈信号复合，经控制器调节后，形成速度指令信号。另一方面，速度环反馈通路检测编码器反馈脉冲的速度，将实际电机速度检出并转化为速度波形图，检出滤波后与输入的速度指令相比较，经速度环比例积分控制器调节后产生电流指令信号，作为电流环的输入参考变量。在电流环中经矢量变换后，由 SPWM 输出转矩电流，控制交流伺服电机的运行。伺服驱动器内部由内向外构成了电流环、速度环和位置环。

位置控制模式下，是以脉冲方向信号驱动电机运转，驱动器通过检测脉冲上升沿或下降沿，计数或检出速度，因此对外部干扰具有很强的抑制性。

5.2 伺服系统的组合与接线

5.2.1 主电源回路保护的设计

图 5.2 为松下交流伺服单元主电源回路图，单相正弦交流主电源经 NFB，NF，MC，L 接入松下伺服驱动器，提供伺服系统的总电源，在驱动器内部，经整流、滤波、逆变后成为 SPWM 调制波 (u, v, w) 输入松下交流伺服电机。连接在电机主轴上的光电旋转编码器的反馈脉冲信号 (A+, A-, B+, B-, Z+, Z-) 通过编码器反馈接口输入伺服驱动器；CN I/F 为控制信号接口 (DB50)，与 PLC 控制器连接，详细内容将在 5.3 节讨论。

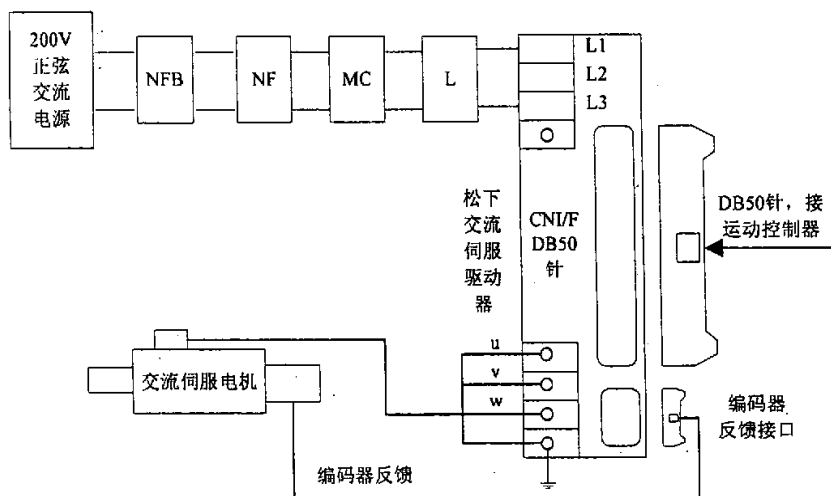


图 5.2 松下交流伺服单元主电源回路图

主回路中设置了多重保护，NFB 为非熔断丝保护器，当主回路电流过载时，自动切断电路，避免了伺服电机过载发生堵转而烧坏的情况发生；NF 为噪声滤波器，主要的功能是防止杂波进入主回路，从而减轻了伺服电机电枢绕组产生的杂波对控制信号的干扰；MC 为交流接触器，内部并联一个浪涌吸收器，吸收尖峰脉冲；L 为电抗器，衰减主电路回路中的高次谐波。

5.2.2 伺服驱动器控制信号接口与 PLC 控制器的连接设计

松下伺服驱动器的 CN I/F 控制信号接口为 DB50，位置控制模式下，其中 4 个引脚为指令脉冲输入（2 个引脚为指令脉冲差分信号，另外 2 个引脚为指令方向差分信号），6 个引脚为编码器反馈信号，其余 40 个引脚为伺服驱动器的扩展功能，详细组合接线如图 5.3 所示。

图 5.3 为驱动器控制信号接口 CN I/F (DB50) 与松下 FP0 PLC 控制器接线。PLC 控制器的引脚 Y0 和 Y1 分别为指令脉冲输出和指令方向输出，接入伺服驱动器的指令脉冲输入引脚 3、4、5 和 6。为了增强抵抗外部干扰的能力，这里采用串接长线驱动器 (AM26LS31) 输入电路，该芯片将 PLC 控制器的开集电极输出转化为差分信号，从而增强了总线驱动和抗干扰能力，提高了伺服运动精度。

驱动器引脚 21、22 为 A 相脉冲输出引脚，来自于固定在伺服电机主轴上的旋转编码器，经过驱动器的分频接 PLC 的 X3 高速计数输入端，作为速度反馈信号，构成半闭环系统。

驱动器的 35、37 引脚为伺服准备好+、伺服报警+分别接 PLC 的 X0、X1 输入口，作为辅助控制功能。

应该注意的是，引脚 9 为 CCW (逆时针方向) 驱动禁止信号，当参数 Pr66=0 时，引脚 9 与 COM- 断开后，伺服驱动器内部光耦回路开路，动态制动器工作，电机不产生转矩，因此可利用该功能实现治疗机行程限位。具体实现：在治疗机旋转部件的逆时针极限位置固定一个常闭触点的行程开关，行程开关的端子一端接入引脚 9，另一端接入 COM-。当旋转机构逆时针方向超限时，引脚 9 与 COM- 断开，动态制动器快速响应，电机逆时针方向的旋转被制动，伺服系统被保护。引脚 8 为 CW (顺时针方向) 驱动禁止信号，功能与引脚 9 相同。通过这两个引脚实现治疗机扭转治疗限位保护的同时，旋转左右极限行程开关也接入 PLC 的

输入口，通过程序实现限位保护。这就起到双保险的作用，提高的系统的可靠性。

伺服驱动器其它扩展功能引脚的详细使用将在下一节讨论。

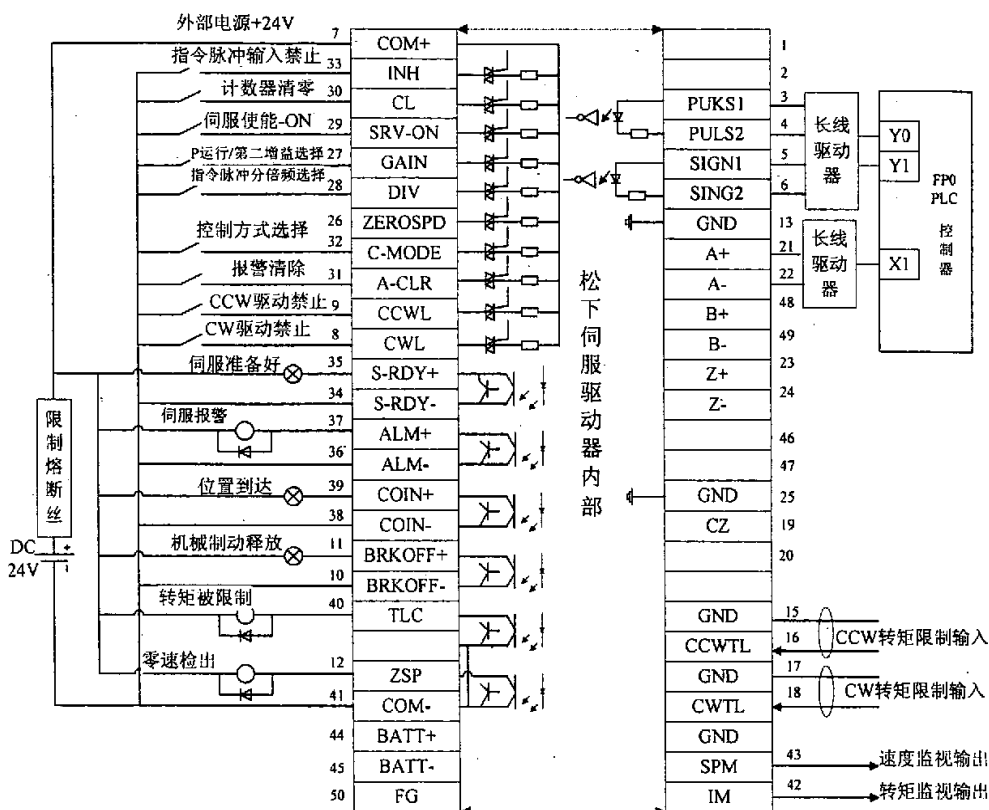


图 5.3 位置控制方式下松下伺服驱动器控制信号与运动控制器接线图

5.3 位置控制方式下驱动器控制信号的使用及参数设置

伺服驱动器 CN I/F 控制信号连接器为 DB50，与运动控制器连接并不复杂，复杂的是它的 46 根扩展功能引脚信号，每个都定义了特定的用途，并和参数设置配合使用，都是为了保护伺服系统而设计的，本系统中充分利用了这些资源，使系统运行时才能更加稳定、可靠和安全。

1. 引脚 7 和 41 为外接直流 24V 电源正极 (COM+) 和电源负极 (COM-), 回路中串接一个 2 安培的限流熔断丝, 防止过流烧坏伺服驱动器内部的元器件。

2. 位置控制方式下, 引脚 33 必须与 COM- 闭合; 同时设定参数 Pr43=1, Pr02=0, 这样的设定情况下, 伺服驱动器内部光耦回路导通, 控制器脉冲指令信号为有效; 当引脚 33 与 COM- 断开后, 伺服驱动器内部光耦回路开路, 脉冲指

令信号被禁止,这种设定在速度和转矩控制方式中使用。本系统为位置控制方式,引脚 33 与 COM- 闭合。

3. 引脚 30 为偏差计数器清零信号。

4. 引脚 29 为伺服-ON 使能信号,该引脚直接与 COM- 闭合,内部光耦回路导通,伺服被使能。

5. 引脚 27 为第 2 增益选择,只在速度控制方式中使用。

6. 引脚 28 为指令脉冲分频选择,与倍频因子有关参数配合使用,如图 5.4 所示,来自控制器脉冲经倍频因子倍频后,减去编码器反馈脉冲,差值送入偏差计数器,倍频因子具有两个功能:

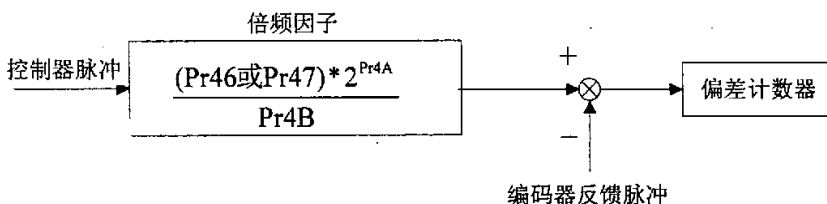


图5.4 脉冲指令倍频（电子齿轮）示意图

- a. 可随意设定单位输入的指令脉冲对应的电机速度和移动量;
- b. 当控制器的脉冲发生器能力不足时,可用倍频来增大指令脉冲频率。

当引脚 28 与 COM- 断开时,倍频因子的分子 Pr46 有效,反之 Pr47 有效。

本课题采用的编码器分辨率为 2500 脉冲/转,引脚 28 与 COM- 断开,设定 Pr46=25, Pr4A=0, Pr4B=1,如果控制器载入的脉冲频率为 5000Hz,那么一个脉冲电机旋转 $25 \times 2\pi / 2500$,速度为 50 转每秒,正好是本系统电机的最高额定转速。

7. 引脚 31 为报警清除,与 COM- 闭合 120ms 以上,伺服报警信号将被清除。该引脚设计为直接与 COM- 闭合。

8. 引脚 40 为“转矩限制中”端子,串接一个继电器线圈,继电器的常闭触点串接到主电源回路中,并与引脚 16 (逆时针方向转矩限制输入)和 18 (顺时针方向转矩限制输入)配合使用。将 0 到+10 伏特的电压 V 输入引脚 16,通过设定参数 Pr5E,逆时针方向转矩被限制在一个特定的值 $T_{em} = K_t * V$, T_{em} 的值设定为与额定转矩相等,当负载转矩超过 T_{em} 时,引脚 40, 41 为“转矩限制中”外部回路导通,继电器吸合,常闭触点断开,主电源被切断。

9. 引脚 35 和 34 为“伺服准备好”外部回路两个端子，当主电源接通，且没有报警信号时，伺服驱动器内部发光二极管导通，外部回路也就导通。因此可以在外部回路中串接一个发光二极管，以提示伺服驱动器是否正常工作。本系统是将其接入 PLC 的 X1 输入口，供内部程序使用。引脚 39, 38 为“位置到达”外部回路两个端子，引脚 11, 10 为“制动器释放”外部回路两个端子，其设计与“伺服准备好”外部回路相同。

10. 引脚 37 和 36 为“伺服报警”外部回路的两个端子，当驱动器检测到故障时，外部回路导通，在该回路中有必要串接一个继电器线圈，并将继电器的常闭触点串接到主电源回路。一旦发生故障，继电器吸合，继电器常闭触点断开，主电源切断。本系统是将其接入 PLC 的 X2 输入口，供内部程序使用。

11. 引脚 43, 42 分别为速度监视输出和转矩监视输出，它们分别将伺服电机实际的转速和转矩按比例映射为模拟电压。

12. 引脚 21、22、48、49、23 和 24 分别为 A、B、Z 相脉冲输出引脚，这 6 个引脚信号来自于固定在伺服电机主轴上的旋转编码器，只不过经过伺服驱动器内部分频后再输出，可以设定分频器的倍率，得到不同倍率的脉冲信号输出。在本系统中，由于 PLC 输入的最高频率为 5K，故需将编码器的输出频率进行分频，该系统最高额定转速是 3000rpm，即每秒 50 转，这时编码器的最高输出频率为 $50 \times 2500 = 125000$ ，大于 PLC 的最高允许输入频率，故需进行分频，分频倍率为 25，这样光码盘通过驱动器分频到达 PLC 输入端的频率最高为 5K，达到设计要求。

以上分析可知：松下伺服驱动器控制信号接口（DB50）的主要控制指令输入只有 4 根引脚，其余的控制信号分为输入和输出，对于输入引脚，可根据需要，决定是否与 COM 一闭合或断开，通过光电耦合，控制伺服驱动器内部对应回路的闭合或断开，同时设定相关的参数。这相当于对伺服驱动器进行初始化：伺服系统控制模式的设定（是位置控制方式还是速度或转矩控制方式），伺服是否使能，倍频因子倍率的设定等等；而输出信号，是在伺服驱动器检测到异常情况下由驱动器内部产生，通过光电耦合，将故障反应到外部回路两个端子上，根据需要，自己设计外部回路，确定是否使硬件产生响应。

5.4 伺服系统中的 PLC 软件设计

1、FP0 的高速计数 (HSC) 功能

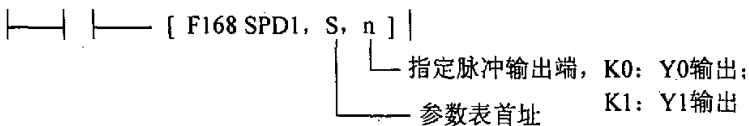
FP0 有 CH0、CH1、CH2、CH3 四个高速计数输入通道，均可设为加、减计数或双相输入。四个通道所占用的 I/O 口及寄存器如表 5.1 所示。HSC 工作方式的选择通过在系统寄存器中设定控制字来确定。四个通道分成两组：CH0 与 CH1 为一组，由在系统寄存器 No.400 中设置控制字决定；CH2 与 CH3 为另一组，对应的系统寄存器为 No.401。控制字的详细设置请查阅编程手册。本课题将 No.400 中的控制字高 8 位设为 H03，使 CH1 通道的工作方式为加计数输入，接收来自编码盘的脉冲输出，构成半闭环系统。

表 5.1 HSC 所占用的 I/O 口及寄存器分配表

通道号	输入端	硬复位端	标志寄存器	经过值寄存器	目标值寄存器
CH0	X0	X2	R903A	DT9044~DT9045	DT9046~DT9047
CH1	X1	X2	R903B	DT9048~DT9049	DT9050~DT9051
CH2	X3	X5	R903C	DT9104~DT9105	DT9106~DT9107
CH3	X4	X5	R903D	DT9108~DT9109	DT9110~DT9111

2、FP0 位置控制功能

松下 FP0 型 PLC 有位置控制指令 F168，它的功能是根据设定的参数在 Y0 或 Y1 口输出相应的脉冲。F168 进行速度和位置控制的方式有相对值和绝对值两种。F168 指令格式为：



在使用该指令之前，必须首先确定各参数值，这些参数包括步进电机的最低频率、加减速时间、最高频率以及输出脉冲数，这个过程称为建立参数表，它的格式如表 5.2 所示。

有关说明：

(1) 在首地址中设定命令代码。命令代码的高 8 位设定为脉冲的占空比，规定设置值为 k1~k999，k1 对应的占空比为 0.1%，k999 为 99.9%，其余类推。且规定当设为 H05 时，占空比为 50%；当设为 H01 时，为固定脉宽 (80 μs)。

(2) 首地址中命令代码的低 8 位为方向控制代码。控制代码的设定详见编

程手册。

表 5.2 F168 指令参数设置表

地址编码	设定内容
首地址 S	命令代码
S+1	最低速度脉冲频率 (Hz)
S+2	最高速度脉冲频率 (Hz)
S+3	加减速时间 (ms)
S+4	目标脉冲数
S+5	
S+6	停止频率 (K0)

例如要实现如图 5.5 所示的频率变化曲线, PLC 控制程序和参数表如表 5.3 所示。

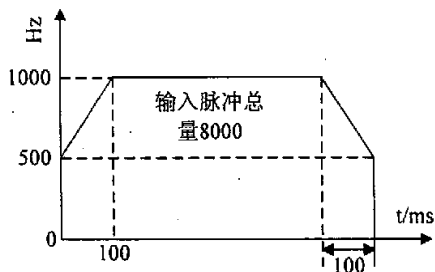


图 5.5 频率变化曲线图

表 5.3

梯形图		参数表	
		寄存器	参数
RD ┌───┴───┐ │ [FO MV , H 2 , DT 100] │ │ [FO MV , K 500 , DT 101] │ │ [FO MV , K 1000 , DT 102] │ │ [FO MV , K 100 , DT 103] │ │ [FO MV , K 8000 , DT 104] │ │ [FO MV , K 0 , DT 106] │ └───┴───┘ RI ┌───┴───┐ │ [F168 SPD1 , DT 100 , H 0] │ └───┴───┘	DT100	H2	
	DT101	K500	
	DT102	K1000	
	DT103	K100	
	DT104	K8000	
	DT105		
	DT1006	K0	

3、扭转治疗动作规律的实现

扭转治疗动作规律如图 2.1 所示。以图 2.1 中扭转规律 5 为例。由图 2.1 中扭转规律 5 的位移曲线得到如图 5.5 中所示的旋转装置角速度曲线图中的实线。可见它由 a, b, c, d, e 五段速度不同的匀速运动组成。

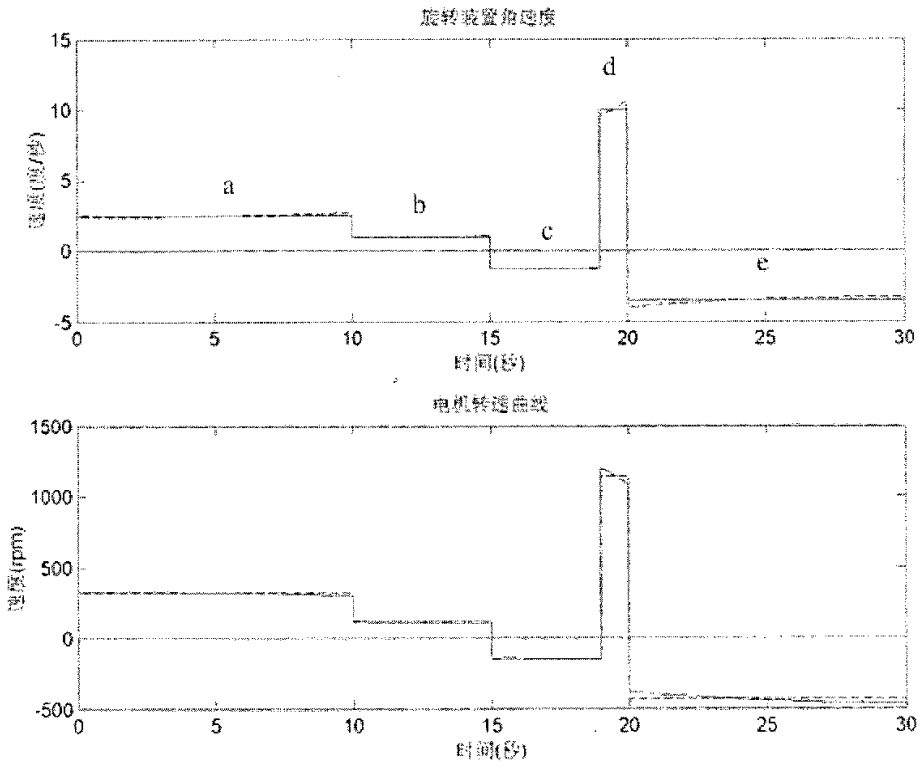


图 5.5 规律 5 的旋转装置与扭转电机速度对比图

由 3.3 节的扭转机构运动分析可知,扭转电机转速与旋转装置转速的关系为:
 $n = 7575\omega_2 \cos \theta$ 。由此可求出要实现扭转规律 5 所需要的电机转速曲线, 如图 5.5 中电机转速曲线图的实线所示。由图可知虽然扭转装置为分段匀速运动, 但是需要电机完成 5 段非匀速运动。这样就增加了伺服电机位置控制的难度。

由于电机转速近似于分段匀速, 加上扭转动作是模仿推拿手法, 精度要求不高, 故本课题将电机转速曲线近似为分段匀速, 具体的做法是电机在各段的转速取为该段起始点和终点转速的平均值, 如图 5.5 中电机转速曲线的虚线所示, 这样就可以通过 PLC 的 F168 指令来实现位置控制了, 简化了控制程序。

需要说明的是, 作这样的近似转化是会产生误差的。图 5.5 中旋转装置角速度曲线的虚线为转化后的实际速度曲线。其中 d 段的速度误差最大, 下面计算出 d 段的速度误差。d 段理论速度为 10 度/秒, 则电机在 d 段起始点和终点转速 n_1 、

$$n_2 \text{ (单位 rpm) 分别为: } n_1 = 7575\omega \cos 25^\circ = 7575 \times \frac{10\pi}{180} \cos 25^\circ = 1197.6,$$

$$n_2 = 7575\omega \cos 35^\circ = 7575 \times \frac{10\pi}{180} \cos 35^\circ = 1082.4。$$

电机 d 段实际转速 $n = (n_1 + n_2) / 2 = (1197.6 + 1082.4) / 2 = 1140,$

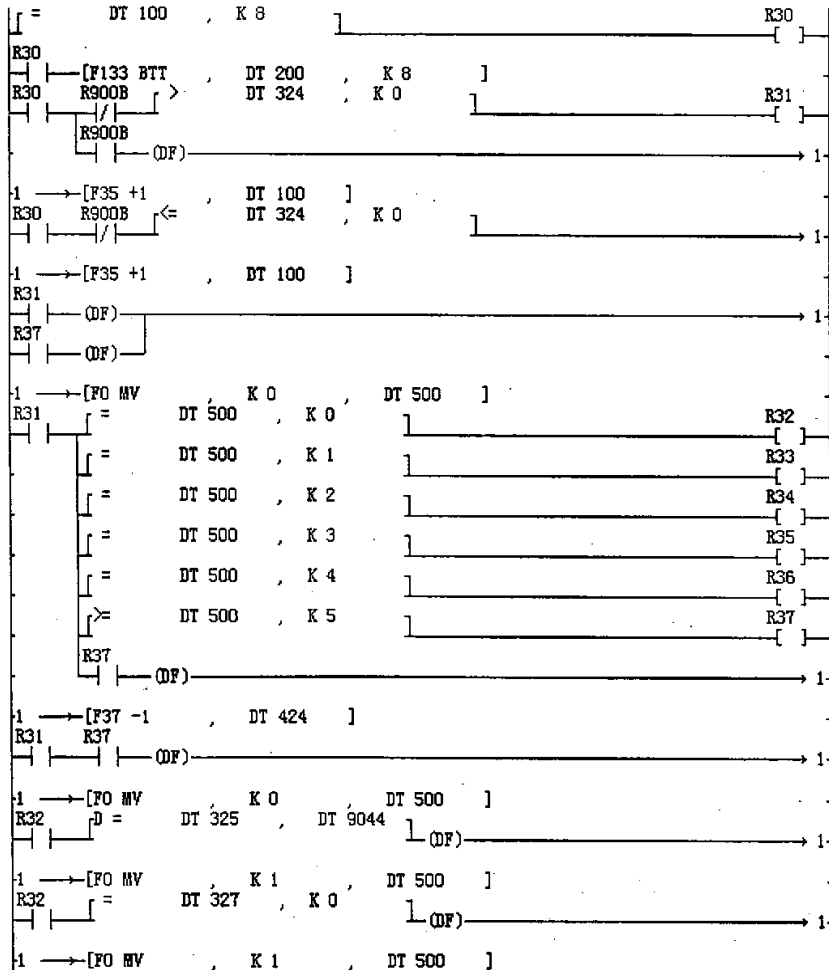
则旋转装置在 d 段起始点和终点转速 $\omega_1、\omega_2$ 分别为：

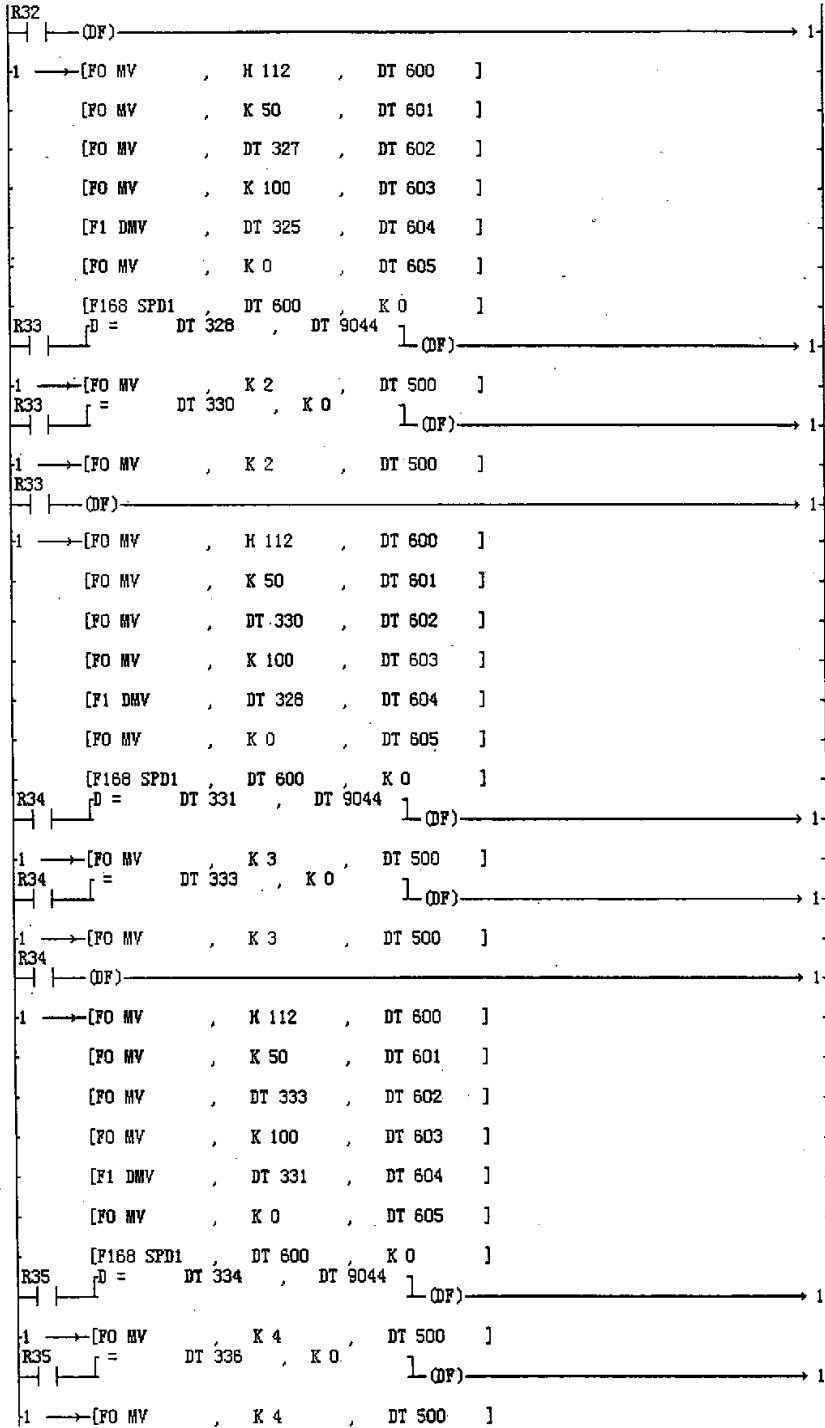
$$\omega_1 = n / (7575 \cos 25^\circ) = 0.166 \text{rad} / \text{s} = 9.52 \text{度} / \text{秒}，$$

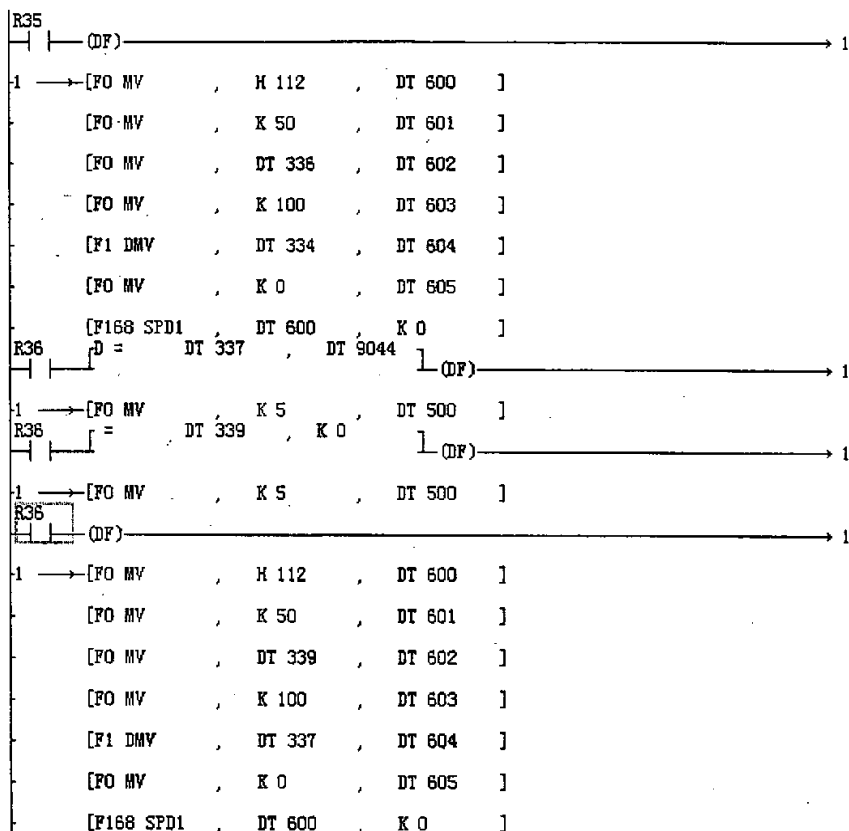
$$\omega_2 = n / (7575 \cos 35^\circ) = 0.1837 \text{rad} / \text{s} = 10.53 \text{度} / \text{秒}。$$

所以，最大误差为 $\frac{(10.53 - 10)}{10} \times 100\% = 5.3\%$ ，该误差满足课题要求。

根据上述方法，编制的扭转治疗的 PLC 梯形图程序如下：







5.5 本章小结

扭转治疗是悬吊式腰痛治疗机的一个重要的治疗功能。本章分析了由 PLC 控制器、松下交流伺服驱动器和交流伺服电机组成的治疗伺服运动系统。全闭环的控制虽然提高了机器的定位精度,但适合这种控制方式下的运动控制器的价格非常昂贵,无疑加大了开发成本。因此,伺服系统设计成半闭环位置控制。在位置控制方式下,伺服系统对外部干扰具有很强的抑制性,弥补了半闭环控制带来的误差,降低了开发成本,完全满足设计需求。本章还重点分析了伺服驱动器 50 根引脚控制信号的功能。在吃透每个引脚信号的定义后,根据需要,正确扩展了外围电路,充分利用伺服驱动器内部自带的保护功能,使伺服系统在复杂、多变的情况下运行更加稳定、安全和可靠。最后讨论了扭转治疗的 PLC 软件设计。

第六章 上位机控制软件设计

在本系统中，上位机担负着对 PLC 的监控和管理任务，而上位机对各台 PLC 的监控管理任务是通过在上位机上运行上位机软件来实现的。

上位机软件主要实现的功能包括：上位机与 PLC 的通信驱动程序；监控设备运行状态；故障检测及诊断；检测上位机与 PLC 之间的通讯状况；治疗过程的参数设置，包括治疗方案的选择，修改，创建，存储，删除；实时显示治疗流程；治疗单的自动生成及打印；患者病历卡的生成、查询及打印；安全及密码保护功能等等。

为了实现如上所述的上位机软件功能，我们对上位机所要完成的功能进行了分块。经过功能的细化，整个上位机软件大致可以分为以下几个主要的功能模块：总控模块、监控模块、测试模块、通讯模块、数据管理模块和安全、报警模块。

软件设计力求模块化、规范化、商品化，系统升级扩充方便，便于推广。由于对实时性要求不高，所以本系统拟选择 VB（Visual Basic）作为开发平台。数据库采用 ACCESS。

6.1 上位机通讯问题的解决方法

上位机通信软件采用 Visual Basic6.0 编程。利用 Visual Basic6.0 图形开发系统，可以开发出功能完善，界面友好的监控系统通信程序。一般用 VB 开发串行通信程序有两种方法：一是利用 Windows 的通信 API 函数；另一种是采用 VB 标准控件 MSComm 来实现^{[41][42]}。

Windows 98 的通信 API

Windows 98 中的串口通信 API 函数不同于 Windows3.x 中的 OpenComm、CloseComm、ReadComm、WriteComm，而是采用硬件与文件通用的函数 CreateFile、ReadFile、WriteFile、CloseHandle，该类函数更具有一般性，并且可以用 EscapeCommFunction 函数实现底层硬件操作，比如：SETXOFF, CLRDTR 等。

利用 API 编写串口通信程序较为复杂，需要掌握大量通信知识，其优点是

可实现的功能更丰富、应用面更广泛,更适合于编写较为复杂的低层次通信程序。采用这种方法编写串行端口通信程序一般可分为以下几个过程:

1. 初始化串行端口

首先用 `CreateFile` 函数打开指定串口,置参数中访问类型为 `GENERIC_READ|GENERIC_WRITE`、共享模式为 `0`、创建标志为 `OPEN_EXISTING`、模板句柄为 `NULL`。

2. 配置串口

Windows 98 的串口配置比 Windows 3. x 较为复杂,但其功能更强大,对一般程序可使用 `CommConfigDialog` 函数以对话框方式设置波特率、数据位、奇偶校验、停止位和流控制方式,并且可以恢复缺省值。

3. 超时控制

为了防止意外情况使串口读写无休止地等待,Windows 98 提供了超时设置,这是由 `COMMTIMEOUTS` 结构定义的,通过调用 `GetCommTimeOuts` 函数获得当前的设置,用 `SetCommTimeOuts` 函数来完成设置。

4. 数据传输

读写串行端口与读写文件采用的函数相同,即 `ReadFile`, `WriteFile`,读写操作可分四种方式:查询方式、同步 I/O、异步(后台) I/O 和事件驱动 I/O。

5. 关闭串口

程序的终止可以自动关闭串口,也可用函数 `CloseHandle()`,以便释放所独占资源。

VB 通信控件 MSComm

VB 通过 `MSComm` 控件控制串行口,该控件屏蔽了通讯过程中的底层操作程序,用户只需设置和监视控件的属性和事件,就可以很方便地实现串行通讯。`MSComm` 控件提供了功能完善的串口数据的发送和接收功能,`MSComm` 控件具有两种处理方式:1 事件驱动方式:由 `MSComm` 控件的 `OnComm` 事件捕获并处理通信错误及事件;2 查询方式:通过检查 `CommEvent` 属性的值来判断事件和错误。

`MSComm` 控件的通信功能实现,实际上是调用了 API 函数,而 API 函数是由 `Comm. drv` 解释并传给设备驱动程序执行的,对于 VB 程序开发者只需知道

MSComm 控件的属性和事件的用法即可以实现串口的操作。

以下是 Mscomm 控件的主要属性和方法：

- 1) CommPort: 设置或返回串行端口号, 其取值范围为 1-99, 缺省为 1。
- 2) Setting: 设置或返回串行端口的波特率、奇偶校验位、数据位数、停止位。如: MSComm.Setting="9600, N, 8, 1"。
- 3) PortOpen: 打开或关闭串行端口, 格式为: Mscomm.PortOpen={TRUE | FALSE}。
- 4) InBufferSize: 设置或返回接收缓冲区的大小, 缺省为 1024 字节。
- 5) InBufferCount: 返回接收缓冲区内的等待读取的字节个数, 可通过设置该属性为 0 来清除接收缓冲区。
- 6) Rthreshold: 该属性为一阈值, 它确定当接收缓冲区内字节个数达到或超过该值后就产生代码为 MSCOMM_EV_RECEIVE 的 OnComm 事件。
- 7) InputLen: 设置或返回接收缓冲区内用 Input 读入的个数。若取 0, 则 Input 读取整个缓冲区的内容。
- 8) Input: 该属性表示从接收缓冲区移走一串字符。
- 9) OutBufferSize: 设置或返回发送缓冲区, 缺省为 512 字节。
- 10) OutBufferCounter: 返回发送缓冲区内等待发送的字符数, 可用来清空缓冲区。
- 11) Output: 向发送缓冲区传送一字符串。
- 12) EOFEnable: 若置 TRUE, 则当输入中出现 EOF, 就停止输入并产生 OnComm 事件。

如果在通信过程中发生错误或事件, 就会引发 OnComm 事件并且改变属性值, 由 CommEvent 属性代码反映错误类型, 在通信程序的设计中可根据该属性值来执行不同的操作, 以下是部分属性常数值及其含义:

- 1) ComEvSend: 其值为 1, 发送缓冲区的内容少于 SThreshold 指定的值。
- 2) ComEvReceive: 其值为 2, 接收缓冲区内字符数达到 RThreshold 值, 该事件在缓冲区中数据被移走前将持续产生。
- 3) ComEventFrame: 其值为 1004, 硬件检测到帧错误。
- 4) ComEventRxOver: 其值为 1008, 接收缓冲区溢出。

5) ComEventTxFull: 其值为 1010, 发送缓冲区溢出。

6) ComEventRxParity: 其值为 1009, 奇偶校验。

7) ComEvEOF: 其值为 7, 接收数据中出现文件结束 (ASCII 码为 26) 字符。

6.2 PLC 与上位计算机通讯协议的确定

PLC 通过 RS-232 接口与上位机通讯有两种方式: 其一, 上位机始终具有初始传送优先权, 所有的通讯均有上位机来启动, PLC 总是处于被动状态; 其二, 命令由 PLC 发至上位机, 此时 PLC 拥有传送权^{[43][44][45]}。本系统中采用第一种方式。

因为上位计算机与 PLC 之间的通信采用主从应答方式, 计算机始终处于主动状态, 根据需要向 PLC 发出读/写命令; 下位机处于被动状态只能响应上位机的命令, 无需编程, 通讯模块自动进行应答。读数据时, 上位机通过通讯口向 PLC 发出读数据命令, PLC 响应命令并将数据准备好, 上位机再次读通讯口即可读到所需的数据; 写数据时, 上位机通过通讯口向 PLC 发布命令及数据, PLC 即可接收。通讯模块有多种命令代码, 微机通过向 PLC 发出不同的命令, 可以灵活地对其位或字软设备以及特殊功能模块的缓冲区进行读写, 如 I/O 继电器、辅助继电器、各种寄存器、计数器计时器的当前值等, 并且还可以对 PLC 进行远程运行停止控制。

在 PLC 与上位机通信之前, 必须对 RS232 通讯端口进行初始化, 使两者按相同的格式通讯。初始化参数包括波特率、起始位、数据位、停止位和奇偶校验等。

6.2.1 通信协议

FP0 的 RS232 串口可通过系统寄存器 412 定义为一般通讯方式和计算机链接通信方式。本系统的 PLC 与计算机间的通信方式采用的是计算机链接通信方式。计算机链接通信通过在上位机与 PLC 之间交换命令和应答实现的。PLC 与上位机的数据通讯是以“帧”为单位进行的, 命令帧由上位机发送给 PLC, 应答帧为 PLC 接收到命令帧后自动向上位机发送的应答信号。在一次交换中传输的命令和

应答数据称为一帧，一个帧最多可包含 131 个数据字符。

上下位机的通信波特率设置为 9600，数据格式设置为“n, 8, 1”。

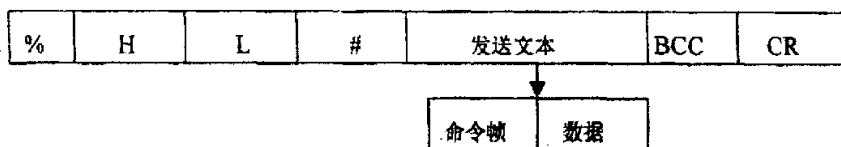
通过系统寄存器 415 将 PLC 的站号设置为“1”。

系统的 PLC 网络应用层都是采用通信协议 MEWTOCOL 为基础设计的。MEWTOCOL 协议分为两个部分。一是 MEWTOCOL-COM，即关于计算机的通信协议，它适用于计算机与 PLC 的通信。另一是 MEWTOCOL-DATA，即关于数据传输的协议，它适用于 PLC 与 PLC 之间及 PLC 与计算机之间的数据传输，用于分散型工业局域网 H-Link, P-Link, W-Link 及 ET-LAN 中 PLC 与 PLC 之间及 PLC 与计算机间的数据传输。本系统只用到 MEWTOCOL-COM 协议。

6.2.2 MEWTOCOL-COM 协议的帧格式

因为系统是以一台计算机为主站，PLC 作为从站所构成，通信由主站发动，把命令帧发向从站，从站将以响应帧做应答。MEWTOCOL-COM 协议对命令帧与响应帧格式做了严格规定。从上位机发送一个命令时，按下示的格式排列命令数据。

1. 命令帧格式



%: MEWTOCOL-COM 的命令帧开始标志 (ASCII 码为 25H)。

H, L: 站地址的高位与地位。

#: 站号特征码 (ASCII 码为 23H)。

发送文本: 由命令码及数据组成。

CR: 回车结束符 (ASCII 码为 0DH)。

BCC: 为校验码。MEWTOCOL-COM 协议采用异或校验码，BCC 为 8 位。

识别码和正文取决于接收到的上位机联结命令，结束码表示命令完成的状态 (即是否有错误发生)，当应答超过 132 字符，它必须分成若干帧。结束码是应答帧中表示 PLC 应答的信息。

2. 响应帧格式

当主站发来命令帧之后，从站将以响应帧作应答。响应帧分两种。若主站命令帧正确无误，则用“正确响应帧”作应答；如果主站命令帧有错误则用“错误响应帧”作应答。这两种响应帧格式如下。

(1) 正确响应帧的格式

%	H	L	\$	响应文本	BCC	CR
---	---	---	----	------	-----	----

其中%，H，L，BCC，CR 含义与命令帧相同。

\$：正确响应帧的标志（ASCII 码为 24H）。

响应文本：按命令帧命令要求及协议规定组织。

(2) 错误响应帧的格式

%	H	L	!	错误代码	BCC	CR
---	---	---	---	------	-----	----

其中%，H，L，BCC，CR 含义与命令帧相同。

!：错误响应帧的标志（ASCII 码为 21H）。

错误代码：对于命令及数据传送中的各种错误均规定为代码以识别。

4.2.3 MEWTOCOL-COM 协议的命令码及错误代码

1. 命令码

本系统是以计算机为主站，PLC 为从站的主从系统，计算机将使用 MEWTOCOL-COM 协议提供的命令对 PLC 进行读、写及监控。不同的命令将通过命令帧中的命令码来区别。

2. 错误代码

错误代码表示发生了什么错误，它是由收到的命令帧的从站（PLC），根据具体的错误，而生成错误响应帧，其中包括错误代码。当主站（计算机）收到响应帧后，将对其进行解读，然后根据其中的错误代码决定程序转向，进行处理。

由于每次传送数据时，单帧的最大数据容量为 131 个字符，因此当传送的数据超过 131 个字符时，应当在传送前分成若干帧，分段传送，第一帧和中间帧的结尾处用定界符（回车符 CR）替代终止符（*CR）。

6.3 通信程序设计

采用 MSComm 控件实现串口通信时, 首先添加一 MSComm 控件到窗体中, 该控件一般不在通用工具窗口中, 而是需通过菜单项“工程 (P) — 部件 (O)”进入选择窗口, 在控件 tab 页中选取 Microsoft Comm Control 6.0, 此时工具窗口中出现 MSComm 图标即可被使用。

以下是事件驱动方式的接收程序的主要部分:

```
Dim SendStr$, RecStr$ '发送接收字符串
Dim i As Integer
Private Sub Form_Load()
    '初始化串口
    MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.Settings = "9600,O,8,1"
    MSComm1.PortOpen = True
    '关闭监控定时器
    timer1.Enabled=True
    .....
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    .....
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    .....
    '上位机处于监控状态时, 轮询扫描下位机状态
    SendStr = "%01#RDD0005000052"
    Send (SendStr) '调用发送函授
    .....

```

End Sub

'事件处理程序

Private Sub MSComm1_OnComm()

Dim buf\$, Data\$

Select Case MSComm1.CommEvent

Case comEvReceive

'读入 PLC 返回数据

buf = Trim(MSComm1.Input)

RecStr = RecStr + buf

If InStr(1, buf, Chr(13)) < 1 Then

Exit Sub

Else

'从返回数据中解析出有用信息

'根据相应信息，上位机进行不同的数据处理工作

..... '数据处理

End If

End Select

End Sub

'发送治疗参数函授

Public Sub SendCanShu(ByVal strCanShu As String)

.....

'组合要发送的命令

SendStr = "%01#WDD0030000342" & strCanShu

'发送治疗参数到下位机

Send (SendStr) '调用发送函授

.....

End Sub

'发送函授

```
Public Sub Send(ByVal strSend As String)
    Dim Bcc% ,BcCode$
    '计算 BCC 码
    Bcc = 0
    For i = 1 To Len(strSend)
        Bcc = Bcc Xor Asc(Mid(strSend, i, 1))
    Next i
    BccCode = Right("0" + Hex$(Bcc), 2)
    '组合发送字符串并从串口发送
    strSend = strSend & BcCode & Chr$(13)
    MSComm1.Output = strSend
End Sub
```

程序说明:

- a. 上述程序的通信协议为: 波特率 9600, 奇校验, 8 个数据位, 1 个停止位。
- b. PLC 的数据寄存器 DT50-52 用来存储治疗机的运行状态, 在 Timer1_Timer 事件中通过 RDD 命令码读取 DT50-52 中的信息, 使上位机能够实时监控治疗机的运行。
- c. PLC 的数据寄存器 DT300-328 用来存储治疗参数, 通过 WDD 命令码将上位机的治疗参数写入 DT300-342 中供 PLC 调用。
- d. 当退出程序时, 一定要关闭串行口, 通过 MSComm1.PortOpen=False 完成。

6. 4 人机界面设计

采用 VB6.0 编制治疗机上位机的应用软件。在本课题的控制系统中, 计算机控制程序主要有以下几个主要的功能: 治疗机调整、治疗向导、治疗方案选择编辑、扭转动作规律编辑、病历管理、使用帮助等。总的来说, 控制软件使用简单、界面友好。

1、进入系统的欢迎界面和治疗机自检界面

进入系统后首先看到欢迎界面, 同时计算机开始和下位机通讯, 治疗机开始

自检，各个活动关节动作，触碰超程开关。如果自检正常，会提示自检通过，并进入治疗机主界面；否则，会列出故障位置、原因以及解决方法。欢迎界面和自检界面如图 6.1 所示。



图 6.1 欢迎与自检界面

2、控制软件的主界面

在控制软件的主界面中包括治疗机调整、治疗向导、红外热像诊断、旋转治疗规律、病历管理、使用帮助、退出系统等八个功能按钮。其中红外热像诊断功能为本治疗机的后续补充功能，本文暂不介绍。主界面如图 6.2 所示。单击各个按钮的时候调出不同的界面，就实现了各个不同的功能。

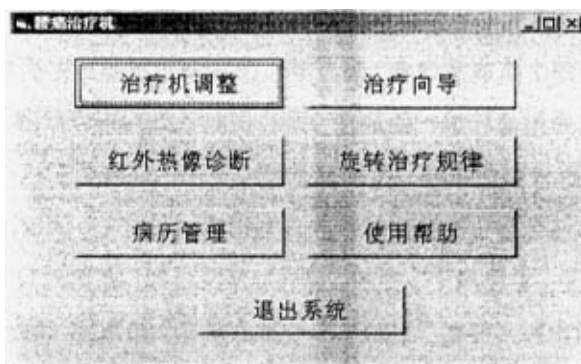


图 6.2 主界面

3、治疗机调整界面

单击主界面的“治疗机调整”按钮即可进入治疗机调整界面，它包括悬背部

进、悬背部出、治疗器上、治疗器下、腋肘部上、腋肘部下、腋肘部开、腋肘部合、髋部固定上、髋部固定下、髋部固定开、髋部固定合、腰部背伸、腰部回复、腰椎右转、腰椎左转、腰椎振动开、腰椎振动关、退出等几个功能按钮。单击每个按钮即可实现相应的单步动作。治疗机调整界面如图 6.3 所示。为了防止动作干涉，保证安全，这些按钮开关设计为互锁方式，即只能实现单个动作的控制。此界面可用治疗前的患者固定，也可实现单独的牵引治疗、背伸治疗、振动按摩治疗等，另外它还可以用于设备的维护与检修。

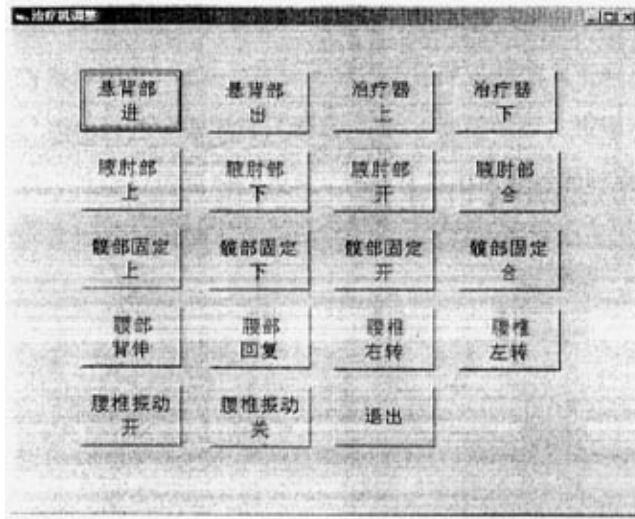


图 6.3 治疗机调整界面

4、治疗向导界面

为了使软件操作简单，方便用户使用，笔者设计了“治疗向导”，它可引导医护人员轻易地完成自动治疗所需的方案选择、参数调整等步骤。点击主界面的“治疗向导”按钮即可进入治疗向导界面，它是由一组界面组成。首先出现的是禁忌症提示界面，它用来提示医护人员注意此治疗机禁忌症，以保证患者安全。禁忌症提示界面如图 6.4 所示。本治疗机的禁忌症包括脊椎骨折、精神病患者、孕妇、腰背部皮肤溃疡、腰椎结核、肿瘤、脓肿、中风患者、无自控能力者等。如果患者有禁忌症，应点击“有禁忌症，退出治疗”按钮，退出治疗向导。点击“无禁忌症，继续治疗”按钮进入治疗方案选择界面。如图 6.5 所示。本系统预设 A、B、C、D 四种标准系统治疗方案。其中 A 套治疗方案界面如图 6.6 所示。医护人员还可以以这四套标准治疗方案为基准，添加新的用户治疗方案以及删除

旧的用户治疗方案，但是这四套标准系统治疗方案不能删除。同时为了保护系统安全，添加删除治疗方案时需要输入密码。例如点击 A 套治疗方案界面的“修改”按钮来添加新的治疗方案，会出现输入密码界面。如图 6.7 所示，此界面还可以进行密码修改。如果密码输入正确，A 套治疗方案界面的所有可调参数就会变为蓝色，方案标题也变为“A 套治疗方案（修正方案）”。如图 6.8 所示。此时就可进行参数修改了，如果要保存修改后的方案，点击“保存修改”按钮，就会出现输入新方案名称界面。输入新方案名称，点击“确定”按钮完成新方案的添加。此时方案选择界面的复合列表框中就会自动加入新方案名。从方案选择界面进入用户治疗方案界面后，点击“删除方案”按钮并正确输入密码后就可以删除用户治疗方案。选择好治疗方案后，最后点击“开始治疗”按钮，计算机把参数传输到下位机，治疗机按照治疗方案开始进行自动治疗，同时监控治疗过程，有故障发生时，给出实时报警。

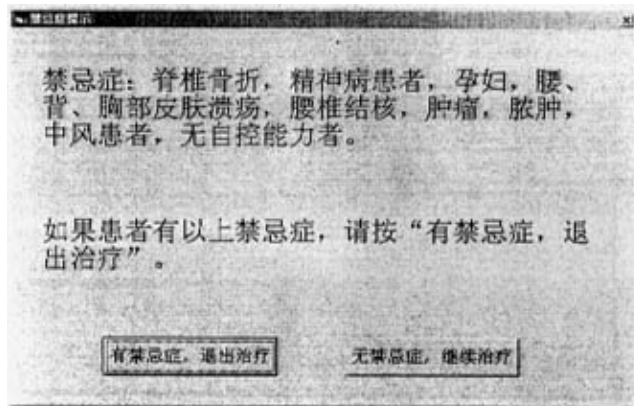


图 6.4 禁忌症提示界面



图 6.5 治疗方案选择界面

A套治疗方案			
患者自述	时间(分)	治疗内容	参数
体重 1.2	0.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 2 次, 停 180 秒
体重 1.25	1.5	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 90 秒
体重 1.4	1.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 20 秒
体重 1.5	1.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 20 秒
体重 1.6	1.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 20 秒
体重 1.65	1.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 20 秒
体重 1.7	1.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 20 秒
体重 1.72	1.0	俯卧, 按摩, 移动	按摩: 推动 15 秒, 停 30 秒, 推 15 秒, 重复 1 次, 停 20 秒
体重 0	1.0	姿势	次数: 5, 旋转结构: <input type="text"/>
体重 1.75	0.5	俯卧	俯卧, 15 cm, 1 次, 停 30 秒
体重 1	1.0	治疗结束	仪器复位

图 6.6 A 套治疗方案

输入密码

修改治疗方案需要输入密码验证

密码:

图 6.7 输入密码界面



图 6.8 修改方案界面

5、旋转治疗动作规律编辑界面

点击主界面的“旋转治疗规律”按钮，可进入旋转治疗动作规律编辑界面。如图 6.9 所示。此界面可进行旋转动作位移曲线的添加、删除。系统预设了 5 种标准旋转动作规律曲线。

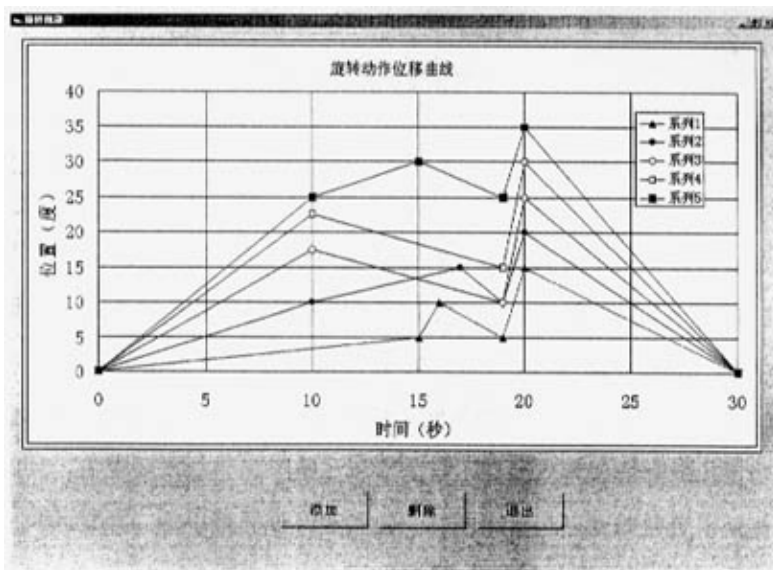


图 6.9 扭转规律界面

6、病历管理界面

病历是一个人的健康历史。病历是已执行的病人医疗过程的记录，也是将要执行的医疗操作的依据；病历内容具有法律效力；病人信息还是病人个人的隐私。病历是病人住院治疗和病人身体情况的重要技术参考资料。电子病历是医院信息系统的发展趋势。电子病历是指计算机化的病历，它的内容包括纸张病历的所有信息。本系统中，病人的个人基本资料、治疗参数数据等都保存在计算机的硬盘上，在需要的时候可以进行查询和打印。病历管理界面如图 6.10 所示。

基立式智能镇痛治疗仪治疗报告

姓名 性别 男 女 年龄 地址及电话 NO:

主要慢性病史 血压 心率

腰痛发病原因 直接力 间接力 寒冷 其他 病程 月

X线片 CT示

检查: 1. 腰椎形态 生理弧度变直 S型 正常 其他

2. 压痛点部位 其他

放射性强痛部位 前 后 侧卧 翻身 其他

3. 腰部活动度 前 度 后 度 其他

4. 直腿抬高试验 5. 膝反射 6. 跟腱试验

7. 其他试验 8. 热象图示

治疗方案 A案 B案 C案 D案 修改方案 治疗次数 疗程 辅助治疗

效果 显效 有效 无效 [显效保持30天为治愈]

建议

医生签署: 年 月 日

保存 打印 返回

图 6.10 病历管理界面

6.5 本章小结

采用 VB6.0 编制治疗机上位机控制软件，本章讨论了上位机控制软件的主要功能模块，其中重点介绍了通讯模块的实现方法，包括 VB6.0 中串口通讯的方法以及 PLC 与上位计算机通讯协议的确定。运用 MSComm 控件和松下 MEWTOCOL-COM 通讯协议设计了控制系统的通信程序，最后介绍了控制软件的界面设计，主要包括治疗机调整、治疗向导、治疗方案选择编辑、旋转动作规律编辑、病历管理、使用帮助等功能界面。总的来说，控制软件使用简单、界面友好。

第七章 结论与展望

本文从分析腰椎疾病的病理和治疗方法出发，设计了一种悬吊式腰痛治疗机，它在国内还是首创。在样机的研制过程中，本文主要得出如下结论：

1、目前腰椎疾病的治疗设备主要还是简易的牵引床，也出现了一些自动化的三位正脊仪，但大都采用卧式牵引，且功能单一。这种自动卧式牵引设备一旦出现故障，牵引力失控，很容易对患者造成伤害。悬吊式牵引是依靠自身重力进行牵引的，此时腰部没有受到其他外力，椎骨间的连接结构处于相对放松的状态，这种状态下牵引比在其他外力下牵引的效果更好。另外，悬吊式牵引靠自重牵引，最大牵引力有限，不会出现牵引力失控的情况，安全可靠。故本课题研制了一种悬吊式治疗机，它不仅可以实现悬吊牵引治疗功能、模拟中医正骨推拿手法治疗和背伸治疗，还具备振动按摩、微波热疗、磁疗等辅助治疗功能。

2、本文从人机工程和功能要求出发，完成了整个悬吊式治疗机的机械结构设计，并进行了样机试制。证明本文设计的机械结构能够很好的实现治疗机的所有治疗动作。治疗机的机械部分包括：机架、腋肘撑组件、靠背装置、治疗头组件、扭转治疗组件、底盘装置。

3、本课题的控制系统采用工业控制计算机与可编程序控制器即“IPC+PLC”的两级控制结构。可编程序控制器（PLC）在开关量控制和可靠性方面的有很强的优势，而计算机系统（IPC）具有丰富的应用软件和良好的人机接口，数据处理能力强。将 IPC 与 PLC 结合起来使用，可以使二者优势互补，充分利用计算机强大的人机接口功能和丰富的应用软件，组成高性能的安全可靠的控制系统。

4、本文采用交流伺服系统的半闭环位置控制实现了扭转治疗动作，较好的模拟了中医正骨推拿手法治疗。

5、利用计算机系统（IPC）丰富的应用软件和良好的人机接口，开发了上位机应用软件系统。利用经验模式给出治疗参数，有助于医生在治疗前根据病人的情况合理的设置治疗参数，充分的利用从临床总结出来的宝贵经验。该软件界面友好、操作简便。

6、作为医疗设备必须要保证病人的绝对安全，为了防止电机运动超程对病

人造成伤害，在本机电系统中设置了对运动范围的多重限位，确保万无一失。

从上面的总结可以看出，本论文的工作取得了一定的研究成果，但由于是第一台样机的研制，仍有一些需要改进的部分。如果想要把其作为一个成熟的机电产品推广开来，以下是作者认为的需要进一步深入研究的工作：

1、由于是医疗器械，所以治疗机的安全性、稳定性仍需进一步提高。

2、机械系统的设计和制造有待进一步的改进，现有样机的机械部分过于笨重，搬运不是很方便，机械传动部分设计过于复杂。为了提高整机的稳定性，扭转推拿治疗部件的刚度仍须提高。治疗机的外观设计还可以做进一步的完善，使之更加符合人机工程学的要求。

3、所以控制系统的可靠性仍需继续改进。目前治疗前病人的定位与固定是医护人员通过操作手持控制盒来完成的半自动方式。在系统运用成熟之后可以加入智能控制方法，把控制系统设计成全自动方式，这样可以大大提高治疗机的智能程度。

4、充分利用上位机强大的数据管理功能，从积累的历史资料中分析总结治疗规律，为医生在病情诊断和处方制定时提供科学的参考信息。

5、为治疗机增加红外热像诊断功能，可以起到腰椎病的诊断和治疗效果的评估的作用。

综上所述，本文开发的悬吊式腰痛治疗机是一种新型有效的治疗设备。其所研究的样机为腰椎病的治疗提供了一种新的设备，也为腰椎病的防治研究提供了一个实验操作平台。通过对该样机的进一步研究、改进和完善，如果最终能将其转化为临床实用产品，实现商品化，那么本课题将具有很强的现实意义和广阔的推广应用前景。

参考文献

- 【1】胡有谷. 腰椎间盘突出症[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1995.
- 【2】王慧敏. 腰椎间盘突出症的治疗进展[J]. 中医正骨, 2001. 3 (13).
- 【3】潘崇海, 陆忠伟. 保守疗法对腰椎间盘突出症的疗效及机理探讨[J]. 中国骨伤, 2000. 13(1): 30.
- 【4】Gudavalli, Maruti R., Dimensional Changes in the Lumbar Intervertebral Foramen under Combined Loads of Flexion and Traction. American Society of Mechanical Engineers, Bioengineering Division (Publication) BED, v 28, Advances in Bioengineering, 1994, p 91-92.
- 【5】Enzhong zhang, Huifang zhu. Analysis of Biomechanics in Treating Flexion Fracture of Thoracolumbar Spine with Aerated Elastic Fixation Tractor. Chinese Journal of Biomedical Engineering, v 13, n 3, Sept, 1994, p 260-266.
- 【6】路焕光. 牵引推拿治疗腰椎间盘突出症[J]. 中国中医骨伤科杂志, 1991: 7 (4): 35.
- 【7】郑效文. 腰椎间盘突出症“推拿”适应症与机制探讨[J]. 上海中医药杂志, 1981. (4): 21.
- 【8】张显崧. 腰椎旋转手法治疗腰突症的机理[J]. 中医正骨, 1993. 5(3): 5
- 【9】崇步伟. 成角旋转牵引配合手法治疗腰椎间盘突出症[J]. 中医正骨, 1996, 9(6): 31.
- 【10】孙泽涛, 时建, 乔晋林. 电脑液压三维正脊床的研制[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2003. 3.
- 【11】秦永禄. 医用牵引床控制系统的设计与实现[J]. 计算机系统应用, 1998. 6.
- 【12】杨雷刚, 扬云刚, 杨秀明, 刘作毅, 文怀兴. 椎间盘还纳治疗机的研制与应用[J]. 中国医疗器械杂志, 2002. 3 (26).
- 【13】张吉林. 三维正脊疗法简介[J]. 广西中医药, 1999. 22(1).
- 【14】余作取, 冯志听. 三维多功能牵引治疗腰椎间盘突出症[J]. 中国骨伤,

- 2000, 13(5): 284.
- 【15】 蔺军田,李红,丁慧. 微机控制牵引治疗腰椎间盘突出症机理探讨[J]. 实用中西医结合杂志, 1998.12.
- 【16】 张胜利. 悬吊牵引法治疗腰椎间盘突出症 51 例报告[J]. 中医正骨, 1999, 11(9): 34.
- 【17】 周祖德, 陈幼平. 机电一体化控制技术与系统(第二版) [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003.
- 【18】 汪晓光, 孙晓瑛. 可编程控制器原理及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.8.
- 【19】 温钢云, 黄道平. 计算机控制技术[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.
- 【20】 李城人, 李启瑞, 王森, 王宁. 现代机电控制系统[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1999.
- 【21】 孟祥霓, 孙培, 朱礼鸣, 田岚. PLC设计方法在牵引床控制部分的应用[J]. 山东工业大学学报, 1999. 3.
- 【22】 杜东, 黄尚先. PLC 在准确定位系统中的应用[J]. 电气传动, 2000. 1.
- 【23】 陈勇, 张华. 计算机与 PLC 集成控制系统的应用[J]. 计算机开发与应用, 1997. 5 36-39.
- 【24】 Ioannides, M. G. Design and implementation of PLC-based monitoring control system for induction motor. Energy Conversion, IEEE Transactions on, Sept. 2004. P469-476, V19.
- 【25】 A. Ramirez-Serrano, S.C. Zhu, S.K.H. Chan, S.S.W. Chan B. Benhabib. A hybrid PC/PLC architecture for manufacturing system control implementation. Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference, 8-11 Oct. 2000 ,P 1697 - 1702 vol.3.
- 【26】 丁玉兰. 人机工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000.
- 【27】 袁和法, 丁伟, 陈慎任. 医疗设备的人性化设计[J]. 机械设计与研究, 2004, 20 (5) .
- 【28】 王殊轶, 钱省三. 医疗器械设计中的人机工程设计研究[J]. 医疗装备, 2005, 6.

- 【29】 郭启明, 金艳, 连淑霞. 试述医疗器械的设计原则及程序[J]. 农机化研究, 2001. 1
- 【30】 孙桓, 陈作模. 机械原理(第五版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- 【31】 蹼良贵, 纪名刚. 机械设计(第六版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- 【32】 徐颢等. 机械设计手册(第四卷) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- 【33】 王继成, 产品设计中的人机工程学[M]. 化学工业出版社, 2004.
- 【34】 常斗南等. 可编程序控制器原理、应用、实验[M]. 机械工业出版社, 1998.
- 【35】 松下可编程控制器 (FP 系列)FP0 编程手册, 松下电工株式会社.
- 【36】 松下可编程控制器(FP 系列)FP0 硬件技术手册, 松下电工株式会社.
- 【37】 秦亿. 现代交流伺服系统[M], 武汉: 华中理工大学出版社, 1995.
- 【38】 松下电器公司. Panasonic 交流伺服电机驱动器 MINAS A 系列使用说明书. 2000.
- 【39】 佚名. 松下 MINAS A 系列交流伺服电机驱动器在位置控制中的应用, 武汉化工学院自动化系, 2004-6-10.
- 【40】 舒志兵. 现代交流伺服系统、伺服电机及其数控机床应用[M]. 南京工业大学出版社.
- 【41】 范逸之. Visual Basic 与 RS232 串行通信控制[M]. 北京: 中国青年出版社, 2001.
- 【42】 张亚宜, 熊兴隆, 蒋立辉. VB6.0 在分布式监控系统数据通信中的应用 [J]. 中国民航学院学报, 2003 (2) .
- 【43】 郭宗仁等. 可编程控制器及其通信网络技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999. 2-3.
- 【44】 孔繁镍, 李刚. PLC与上位机串行通信的设计与实现[J]. 广西大学梧州分校学报, 2003. 1.
- 【45】 田红芳. PLC 与上位计算机的串行通讯[J]. 微计算机应用, 2000 (6): 34-37.
- 【46】 李易庆. 电子病历与相关信息技术[J]. 医学信息, 2001(7): 382-384.

作者在攻读硕士学位期间公开发表的论文

- 【1】 第一作者. 可重组汽车电机装配生产线中的工位信息采集系统. 制造业自动化, 2005.

作者在攻读硕士学位期间所作的项目

- 1、智能腰痛治疗机的研制
- 2、电机转子自动校直机的研制
- 3、电机装配线工位信息采集系统
- 4、液力变矩器总装生产线数据采集系统

致 谢

本文是在导师李居峰副教授的精心指导下完成的。在这段时间里，李居峰老师在学习、工作和生活为我创造了一个良好的环境，使我能全心钻研；同时李老师渊博的知识、严谨的治学态度、求实的科研作风给我留下了深刻的印象，使我终身难忘。在具体选题和科研实施的过程中，李老师过人的洞察力，善于抓住问题的本质以及开拓性的思维方式让我佩服。每当在研究中遇到困难时，李老师总是和我一起仔细探讨，共商对策。可以说，这篇论文中的每一处都倾注了他的辛勤汗水和殷切期望。

衷心感谢机电一体化教研室的老师们在整个学习期间给予我的无微不至的关怀和照顾，特别是朱良琴老师、裴仁清教授、李朝东教授、胡淑涛副教授、李维副教授、夏复兴老师等等。

感谢同学赵懿峰、宋晓峰、孙强、钱宏峰等，师弟刘玉国，师妹潘晓霞等在日常的学习工作中给予的合作和帮助。融洽的师兄弟关系给我在硕士的求学生涯中留下了一段美好的回忆。

还要感谢我的父母、我的家人，他们在生活上给予我很大的支持和鼓励，是他们给予我努力学习的信心和力量。

韩新峰

2006.2 于上海大学机电工程与自动化学院