

摘要

当前电子提花机存在机构运转速度低, 平稳性差等缺点。为改善现有电子提花机性能, 避开其传动系统的专利保护, 提高电子提花机现场安装工作效率及降低后期故障检查成本, 本文进行了电子提花机传动系统改造及电子选针器检测仪的研制, 主要完成了以下工作:

1) 研究了国内外纺织机械的发展状况, 重点分析了当前电子提花机传动系统的优缺点及选针器的工作原理。

2) 分析并确定利用同步齿形带作为整机的动力输入机构。论证设计方案并对同步齿形带传动及相应的曲柄摇杆机构进行详细设计。对所设计机构进行运动学分析。利用 Matlab 对分析结果进行输出, 验证设计的合理性。

3) 建立提花机传动系统的虚拟样机。利用虚拟样机分析软件 ADAMS 对其进行动力学分析, 得出各构件的最大受力点, 为构件的优化设计提供指导。同时输出主轴所受扭矩曲线, 为电机选型提供依据。

4) 介绍有限元分析理论。根据 ADAMS 得到的动力学分析结果, 利用有限元分析软件 ANSYS 对主要构件进行静力学分析, 进一步验证构件设计的合理性。

5) 根据电子选针器的原理, 选取 STC89C52 作为主控芯片搭建电子选针器的检测平台, 设计了电源模块、检测信号输入模块、选针信号输出模块及串口通信模块等。在 μ Vision3 环境下完成相应软件开发及调试。最终完成整个电子选针器检测仪的设计工作。

6) 详细介绍了电子提花机的安装步骤, 完成电子提花机传动系统的现场调试。

7) 总结整个方案不足, 并指出了改进方向。

关键词: 电子提花机 传动系统 同步齿形带 虚拟样机 有限元分析

ABSTRACT

Traditional electronic jacquard machines usually have lower operation speed and poorer stability. To improve the performance of electronic jacquard, avoid the patent protection and enhance the on-site assemble efficiency the thesis designed the transmission system of jacquard and an electronic needle selection tester. The main wok includes:

1) The thesis studied the development of textile machinery at home and abroad, focusing on analysis of the current advantages and disadvantages of transmission system of electronic jacquard and the principle of electronic needle selector.

2) The thesis proposed the timing belt as the machine's power input body. The detailed design of timing belt transmission system and its corresponding crank-rocker mechanism was conducted. Do the kinematic analysis and output the result by Matlab to verify whether the design is reasonable.

3) The thesis established virtual prototype of the jacquard. Use the virtual prototype analysis software ADAMS to do kinetic analysis which will show us various components' maximum force location.

4) The thesis introduced Finite Element Analysis (FEA) theory. Do Static analyses for the main components by using ANSYS based on the result of ADAMS which can future verify whether the components designs are reasonable?

5) The thesis selected STC89C52 as the master chip to build an electronic needle selection platform based on the principle of electronic needle selector. Power supply module, test signal input module, needle selection signal output module and serial communication module were designed. Complete the software development in the μ Vision3 environment and finalize design of electronic needle selection tester.

6) The thesis described the assemble procedure and complete the on-site installation

7) The thesis summarized the insufficiency and gave the direction to improve.

Keyword : Electronic Jacquard Transmission System Timing Belt
Virtual Prototype FEA

致谢

两年半的研究生生活即将过去,回首往事心中感慨万千。在过去的两年半里,自己成长了很多,虽经历过很多挫折和失败,但取得了一些成绩。这些成绩的取得和那些默默关心我、支持我的人是分不开的。在毕业论文之际,我向借此机会表达我的敬意和谢意。

首先感谢我的导师陈宗农教授。陈老师学识渊博,经验丰富,工作严谨踏实,无论在学术上还是管理上都有很高的水平。对学生态度和蔼、支持学生自己的想法并且在软硬件给予支持。在论文的选题、文章的撰写过程中,陈老师都予以悉心指导。

特别感谢实验室陈天丰,在论文撰写过程中给了我很多指导和宝贵的建议。感谢我的师兄刘钢、王炉意及我的好友黄金梭、周勇、任友良在我课题研究中给我很多宝贵建议。

感谢张敏杰推荐我参加利乐公司组织的竞赛并且最后拿到海外实习机会。感谢室友徐以国、潘丁丁、张旭光同学,我们互相鼓励、互相支持一起度过了美好的两年半的时间。

最后我要特别感谢我爸爸妈妈,是你们一直背后默默的支持着我的求学之路。

王钢飏

2010年1月于求是园

第一章 绪论

§ 1.1 引言

纺织工业是关系到国计民生的传统支柱产业,也是我国在国际竞争中优势比较明显的重要产业之一。随着我国三大类纺织品结构不断调整,纺织品的应用已遍及国民经济各个领域,正成为交通运输、工农业生产、水利建设、城市建筑、医疗卫生乃至航空航天工业的重要原材料。目前,中国已经成为世界第一大纺织品消费大国,日益增长的国内消费需求正在为我国纺织业的发展提供了前所未有的发展机遇^[1]。据统计,2008年1-9月,中国纺织行业固定资产投资累计完成2,022.69亿元,比07年同期增长10.15%。中国纺织行业规模以上企业累计生产纱1,597.92万吨,同比增长9%;布累计产量417.32亿米,同比增长6.33%;服装累计产量151.59亿件,同比增长5.92%;化学纤维累计产量1,797.80万吨,同比增长2.44%。中国纺织行业出口达1,402.85亿美元,较07年同期增长13.06%;进口达141.94亿美元,较07年同期增长1.59%^[2]。

虽然纺织工业长期向好,但在发展过程中还是存在诸多问题,特别在金融危机的影响下,这些问题更加暴露无遗。主要表现为:

1) 纺织品国际贸易形势日益严峻。2009年金融危机继续纵向蔓延,世界经济增长缓慢甚至出现负增长。这种经济形势对我国纺织产品出口产生巨大影响。同时,各国为了保护本国企业利益,纷纷出台贸易保护政策,贸易摩擦进一步加剧^{[3][4]}。

2) 我国的纺织品的成本优势不断弱化。随着原材料价格及劳动力成本上升,我国纺织成品的低价优势要素被明显弱化^{[5][6]}。

3) 行业节能减排任务艰巨。由于行业固定资产投资增加,产业规模扩大,行业能耗也随之加大,与资源限制、环境约束形成矛盾。节水、节能、降耗、减排是行业任重道远的发展任务。

机遇与挑战并存,要在激烈的国际竞争占有一席之地,最重要的是要不断增强产品竞争力,提高自主创新能力,开发出拥有一批拥有自主知识产权的产品。同时要重视品牌建设,培育一批拥有知名品牌并且具有较强国际竞争力的优势企

业。要抓住目前国内比较落后的纺织机械水平与国外相对先进的纺织机械水平这个主要矛盾，适时开发出适合我国国情的纺织机械。

§ 1.2 纺织机械发展现状

§1.2.1 国外纺织机械行业最新发展

二十世纪末，电子技术的飞速发展对国际纺机制造业影响深远。传统的人工控制被智能技术、数字化及自动化技术替代，纺机行业向纺织生产数字化、连续化、智能化方向发展，具体表现为^[7]：

国外先进纺机具备高度的智能化。在控制策略上，变事后控制为实时控制，可以实现纺织过程中对各种工艺参数、运行状态的在线检测、显示和自动调节。配置的专家系统，使纺机的调整更加容易。只要根据提示输入很少的几个项目，系统便会自动生成所需的控制策略并同时显示机械调整部分的推荐值^[8]。

国外纺织企业大都实行 ERP 管理，在 ERP 中包括企业物流、资金流和信息流等信息。将纺织厂 ERP 系统和 MES 系统进行信息集成，可实现纺织厂现代信息管理系统^[9]。

国外纺织机械生产商都非常注重环保。在生产过程中采用先进工艺以减小对环境的污染。同时，关键设备都有节能、降耗、减排指标和措施，作为设备先进性的重要指标并且将此作为产品的重要卖点。

国外纺机非常注重工业设计。人性化设计是纺机开发过程中的最大关注点。另外简洁、实用、安全、环保也是设计的宗旨。

§1.2.2 国内纺织机械行业发展现状

中国的纺织机械行业在最近几年发展尤为迅速。纺织品出口大国和消费大国，成就了我国名副其实的纺机制造大国。我国的纺机工业发展已经进入关键的转型期，由过去依靠数量的增加转向到依靠产品质量和技术含量的提升^[1]。相关数据表明在过去的五年里，我国纺织机械增长形势良好。在 2010 年，我国有望成为全球最大的纺机制造基地。随着我国纺机技术水平的提高，国产纺机不仅正在成为国内设备的主流，而且大量出口到东南亚等国家。我国纺机对世界纺机工

业的影响力正在进一步扩大。

虽然纺机行业在近几年进步巨大,但就整体而言,我国的纺机自动化水平较低,较多采用单片机或 PLC 控制器;在产品开发上缺乏超前意识,往往是跟着市场走,没有连续性;另外产品的可靠性与稳定性也不高,大致只有国外同类产品的十分之一^[10]。具体来说,我国纺机行业还存在以下几类问题^[11]。

产品整体技术水平偏低:我国纺织机械制造虽然门类齐全,但是传统的纤维加工机械仍占主导地位。纺纱技术水平及其过程控制等方面与国际先进水平仍存在较大的差距。

纺机同质化严重,专业化水平低:纺织工业近二十年来飞速发展,为纺织机械行业带来了前所未有的发展机遇。但是由于对社会分工与专业化生产不重视,每个企业都试图生产整机,都要从头做到尾,结果就造成了纺机同质化严重,纺机质量不高等问题。

产业集中度低,行业竞争激烈,经济效益低下:纺机行业的企业规模小,专业化协作程度低是其竞争力低下的主要原因。由于企业的经济效益低下,造成对科研投入的减少,这种恶性循环势必造成企业发展后劲不足,从而限制行业的健康发展。

缺乏知识产权意识,创新能力不强:由于我国历史原因,许多企业对知识产权的概念理解不清。大部分企业只重视专利申请,但不重视如何利用获得的专利为公司带来经济效益。由于对知识产权与创新机制的错误理解,行业整体创新能力不强。产品开发一直处于追赶状态。

由于上述问题的存在,国内纺织机械的市场占有率一直徘徊在 50%左右,而且主要是一些中低档机型,高档机型大多为英国、德国、意大利等国的老牌纺机制造企业所垄断。因此国内的纺机行业还要不断努力以提升整体水平^[12]。

§ 1.3 提花织造技术简介

在提花机上制织的花织物称为大花纹织物,即提花织物。提花织物是由不同颜色或种类的经纱和纬纱编织而成,一个花纹循环的经纱数由所配提花机的纹针总数所决定^[13]。包括产品设计、提花机装配、原料准备及上机试织等工序。提花机是整个织造过程的核心设备。在整个纺织业的发展史中,提花技术经历了手

动—机械—自动的漫长发展过程。近年来，随着电子技术的不断发展，电子提花织造技术正在逐步走向成熟。

§1.3.1 提花织造技术的发展

提花织物的生产历史悠久，经历了从纯手工到机械式提花机再到今天的电子提花机的发展历程。在宋代楼璠的《耕织图》上就有提花装置的记载，但在 19 世纪以前提花织造技术发展相当缓慢，织造过程依靠人工以手提脚踏的方式来完成，工作效率极其低下^[14]。为了提高工作效率，降低提花织物的价格，人们开始考虑提花工作的机械化问题。1801 年，法国人贾卡特（Jacquard）在中国束综提花机的基础上发明了机械式提花装置，用穿孔纹版代替花板，控制经丝提升，成为了现代机械式提花机的雏形。43 年后，另一位法国人韦多尔改进了花纹阅读装置，用轻薄的纸板来替代原有穿孔纹板，大大节省了空间。时至今日，某些传统提花机还在应用这种精巧的纸板^{[15][16]}。

进入 20 世纪下半页，计算机技术飞速发展并应用到各个生产领域。人们开始思考利用计算机技术来制作电子纹板。早在 20 世纪 70 的代，日本就完成了“电子式自动纹板打孔系统”的研制并使其达到实用化程度，大大提高了工作效率。1979 年，英国 Bonas 公司研制出了世界上第一台采用消极式选择机构的电子提花机，在提花织造发展的历史上具有里程碑的意义。1987 年，瑞士史陶比尔公司制造出首台 CX860 型提花机，引领又一次提花机的革命。该机器为电子控制式、双提刀提花机，配有史陶比尔专利产品 CX 组件，使整台机器结构更加紧凑，体积更小。并且配有极其友好的人机界面^[17]。

电子提花机是通过计算机编程来控制经纱的升降顺序，从而形成织机开口。利用电子纹板替代传统的花筒、纹板等装置，省去纹板制作的大量劳动，大大加快了织物翻新速度，是提花开口技术的重大发展^[18]。它将织物花纹设计与 CAD 技术相结合，通过扫描仪、摄像机等输入设备将意匠图转换成可用于纹板自动制作的计算机纹板文件，并且存入计算机的存储设备中，方便其读取。电子提花成为提花织造的主要发展方向^{[19][20]}。图 1-1 给出了传统自动提花织造比较，可以发现两面种提花方式的特点。

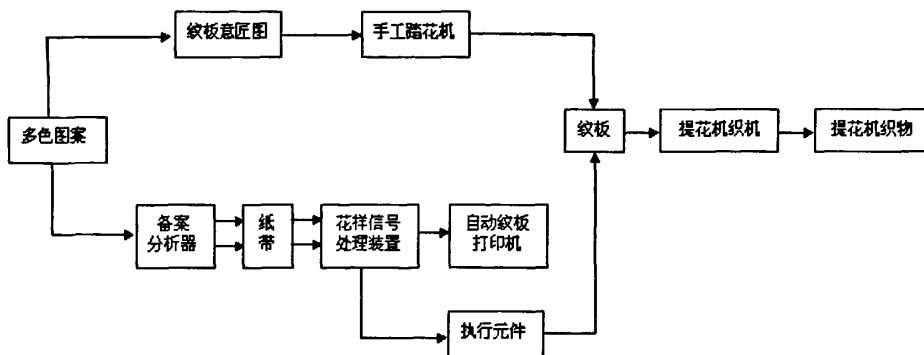


图 1-0-1 传统与自动提花织造系统的比较图

§1.3.2 国内电子提花技术发展状况

近几年来，我国提花技术取得了长足的发展，目前已经能生产速度 350r/min 以上的无梭提花织物，但与国外相比，技术仍较为落后，中高档的织机仍被国外知名织机制造商垄断。

目前，国内纺织制造厂已经意识到这一差距的存在，开始着手电子提花机的研制和开发并且在提花机的控制系统、选针机构及传动机构方面取得一定的成果。1997 年，我国生产出第一台自主研发的电子提花机。

随着国民生活水平的不断提高，对居家装饰的要求也越来越高，因此提花织物的比重必然提高。国内提花机将按以下方向发展：

由于电子计算机的飞速发展，电子提花、织造编程系统将成为主流，织造的工作效率将成倍提高。

产品向系列化发展。我国的纺织机械产品种众多，但是大多数功能相似，容易在市场上产生恶性竞争，因此应使整合不同产品使其向系列化发展。同时开发出相应专用基础配件系列产品，搞好产品的通用化、标准化和系列化。

产品向网络化发展。电子提花机应能够提供网络接口，以便利用网络构建织机监管系统，以实现整个工厂生产管理的自动化^[21]。

§ 1.4 电子提花机传动系统

电子提花的传动系统是整个机器的动力来源。传动系统通过各种机构与提刀

相连，通过提刀升降带动与之相连的选针器上的提针按照预定要求作升降运动，从而形成开口运动。提针的所需的力通常由运转的电机提供。按结构可分为单动式提花结构和复动式提花结构^[22]。

传统电子提花机通常采用曲柄摇杆传动系统，内外刀架的升降通过摇杆的来回摆动实现。因而存在机构运转速度低，平稳性差等缺点。另外，为实现大小开品的同步摆动，机构的设计比较复杂，大大增加了开发成本^[23]。

§ 1.5 电子选针器原理简述

电子选针器是电子提花机的核心部分，它利用通丝与经线相连来带动经纱上下运动从而形成梭口。它的基本原理是在电子选针器中装有电磁阀，利用电磁阀的吸放来控制提针元件的上下运动。下面以博纳斯电子提花机为例要阐述电子提花开口机构的原理^{[13][24][25]}。

如图 1-2 所示，滑轮上的下皮带 4 一端与固定架 5 相连，另一端综丝 8 与弹性回综 9 相连。上皮带 2 两端分别与 A、B 两个片钩相连，片钩的位置分别在电磁铁的两旁，并且通过上面的凸台与 a、b 左右两组提刀片相连。

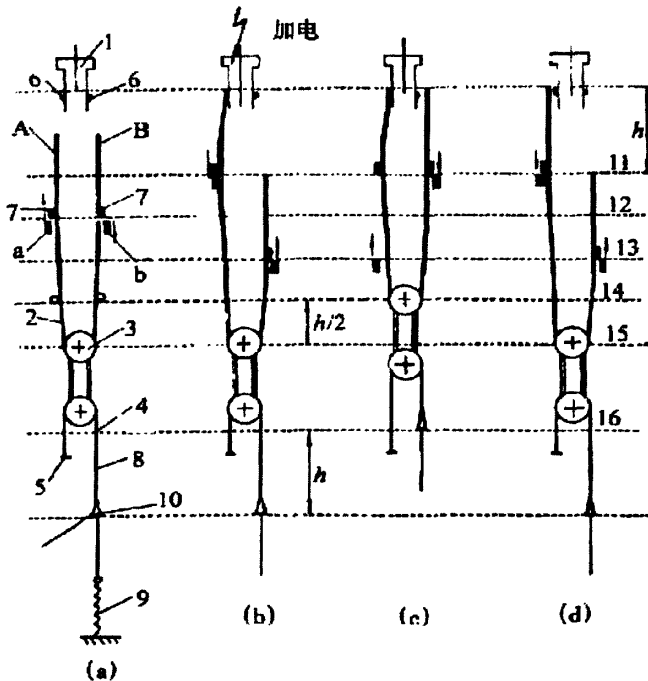


图 1-2 BONAS 电子提花机开口原理图

位置 a: 当电磁阀 1 失电时, 两个片钩随着提刀在电磁阀 1 两旁作上下移动。因为提刀的运动规律一定, 当一根片钩在上面的时候, 另一根片钩一定在下面, 所以片钩的上下运动对滑轮 3 不产生任何影响, 经纱停留在下方。

位置 b: 半个织机周期后, 电磁阀 1 得电, 到达顶位的片钩 A 便会被电磁阀 1 吸住并挂在挂钩 6 上。接着电磁铁失电, 由于综丝存在张力, 片钩仍然挂在挂钩上。值得一提的是, 虽然片钩 A 已经挂在挂钩 6 上, 但滑轮在下一个织机周期之前, 不会被提升。

位置 c: 一个织机周期后, 左提刀片 a 下降, 右提刀片 b 上升, 并将滑轮提升到顶位。当右片钩到达最高点时, 形成最大梭口。随后, 右提刀片 b 转为下降, 由于电磁阀失电, 片钩将带引滑轮下降, 梭口慢慢变小。

位置 d: 一个织机周期后, 在新的周期里, 左提刀片 a 再次到达顶位, 推开片钩 A, 使其与电磁阀的挂钩 6 脱离。由此可见, 决定选针器的上一次开口动作是否结束由电磁阀的得、失电来实现。详细的片钩与经纱提升关系如表 1-1 所示:

表 1-1 片钩和经纱的提升状况

	左面片钩 A	右面片钩 B	经纱
1	上升	下降	停留在下方
2	下降 (电磁阀通电)	提升	停留在下方
3	被电磁阀吸住挂在挂钩上	在上 (开始下降)	经纱提升
4	下降	上升	停留在下方

§ 1.6 本课题的研究的主要内容及意义

前文主要论述国内外电子提花的发展趋势。经过多年发展, 无论在机械结构还是软件控制方面都已比较成熟。而国外企业都非常注意知识产权的保护, 对关键技术都已申请专利。要提高国产电子提花机的制造水平, 增强我国纺织机械企业在国际市场上的竞争能力, 必需实行差异化战略, 开发出拥有独立知识产权的产品。本文在分析现在电子提花机关键技术的基础上, 提出全新的提花机传动系统机械结构设计, 提高了电子提花机的车速及振动稳定性。利用虚拟样机技术及有限元分析方法对设计方案进行运动学与动力学分析, 降低产品开发风险, 更好地满足市场的需要。同时研制了电子提花机选针器检测仪, 有助于提高电子提花

机现场安装工作效率及降低后期故障检查成本。在本课题中，作者做了如下工作：

1) 在分析现有电子提花机的传动系统后提出了利用同步齿形带传动替代原有的曲柄摇杆机构。根据电子提花机的工作要求、对同步齿形带传动进行了详细的设计，包括同步齿形带的选型、同步带轮的设计及同步带传动的张紧与安装。

2) 设计了连接同步带轮与提刀架横铁的曲柄连杆机构，利用矢量法对所设计的曲柄连杆机构进行运动学分析，验证设计的合理性。同时提出了提刀杆横铁的运动学分析的模型。

3) 通过虚拟样机技术对电子提花机的传动系统进行动力学分析。介绍了虚拟样机技术及其分析软件 ADAMS。详细描述了虚拟样机模型的建立，包括如何将模型从 SolidWorks 导入 ADAMS，如何添加约束等。输出运动学分析结果验证第二章矢量法运动学分析的正确性，同时输出各构件的动力学分析曲线，为电机选型及构件的优化设计提供指导。

4) 利用 ANSYS 对各主要构件进行静力学分析，查看各构件在载荷作用下的应力应变图，进一步验证机构设计的合理性。

5) 设计电子提花机选针器检测仪。包括对其进行硬件设计及软件设计，同时完成测试。

6) 完成样机的现场调试。

第二章 电子提花机传动系统机械设计

§ 2.1 设计方案论证

本次设计所用电子提花机性能参数如下:

开口形式: 复动式全清晰上下开口

前开口高度: 55-75mm, 后开口: 90-110mm, 可调节

开口频率: 300 次/分钟

纹针: 6144 针

该电子提花机转速快, 纹针多, 因此要求传动系统运行速度快并且能为系统运转传递足够的力。传统的电子提花机采用曲柄摇杆机构, 通过摇杆的来回摆动实现内外刀架的上升和下降, 机构的运转速度较低, 且很慢实现动平衡, 机构的平稳性较差。为了实现大小开口摇杆的同步摆动, 机构设计复杂, 生产成本低。

同步齿形带传动具有恒定的传动比、传动平稳且缓冲减振能力强、传动效率高特点。利用同步带轮的单向转动带动内、外提刀架的上下运动, 可以极大地提高机构的运转速度和运转平稳性。

综合以上分析, 同步齿形带正好能够克服曲柄摇杆机构存在的缺点。考虑到实际的加工情况及设计成本, 本次设计采用同步齿形带传动为电子提花机提供动力输入。

§ 2.2 传动方案

该电子提花机由三相异步电机通过万向节与装在机架上的主动带轮相连, 主动带轮再通过同步齿形带带动大、小开口从动带轮转动。电子提花机的提刀架通过曲柄连杆机构连接到大、小从动带轮上, 并随其转动实现开口运动。为每根同步齿形带设计张紧轮以保证运动的顺利进行。

上述提刀架为外提刀架, 由于所用电子提花机的开口形式为复动式全清晰上下开口, 在机架的背面同轴装有内提刀架的主动带轮。与外提刀架一样, 大、小开口的从动同步带轮通过同步齿形带与主动带轮相连并且通过曲柄连杆机构带

动内提刀架的运动。

为调节电子提花机开口大小,分别在大、小开口从动带轮上开出若干个离轴心距离不等的孔用以安装曲柄销。通过调节偏心量可以改变提刀的开口量。另外,在安装时,保证内、外提刀架的大开口同步带轮按偏心距的大小呈 180° 布置,这样可以使内、外提刀架的运动相反,周期相差 180° 且上、下运动距离保持一致,即大、小开口量相同。结构如图 2-1 所示。

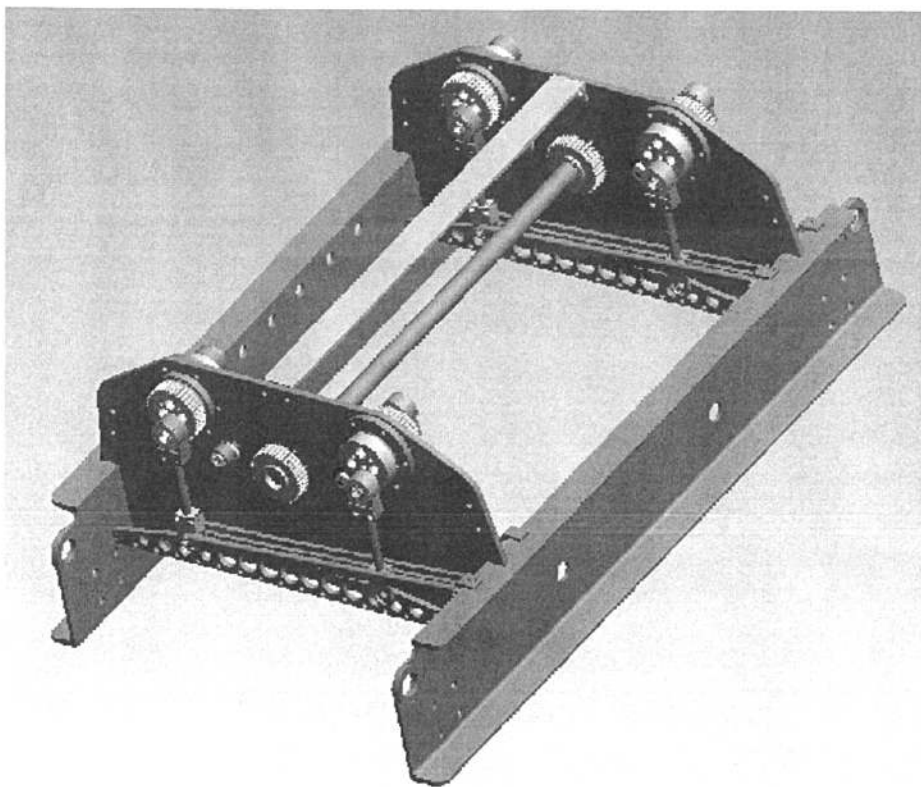


图 2-1 传动系统总体布局图

§ 2.3 同步带传动参数设计

§2.3.1 同步带选型

同步带是以钢丝绳或玻璃纤维为强力层,以聚氨酯或氯丁橡胶为基体,在带的内周制成齿状,用来与同步带轮相啮合的一种传动带^[26]。工业用同步带齿分为梯形齿和弧齿两类,弧齿又分为三种系列:圆弧齿(H系列又称HTD带)、平顶圆弧齿(S系列又称为STPD带)和凹顶抛物线齿(R系列)。梯形齿同步带分单

面有齿和双面有齿两种，简称为单面带和双面带。弧齿同步带除了齿形为曲线形外，其结构与梯形齿同步带基本相同，带的节距相当，其齿高、齿根厚和齿根圆角半径等均比梯形齿大，因此，在受载后带应力分布状态较好，平缓了齿根的应力集中，提高了齿的承载能力。弧齿同步带比梯形齿同步带传递功率更大，在啮合过程中轮齿之间不易发生干涉^[27]。

考虑到弧齿同步带的优良性能及传动系统的实际的工作环境，本次设计采用弧齿同步带。单根同步带的传递功率约为 2KW，转速为 150r/min，其选型图如图 2-2 所示：

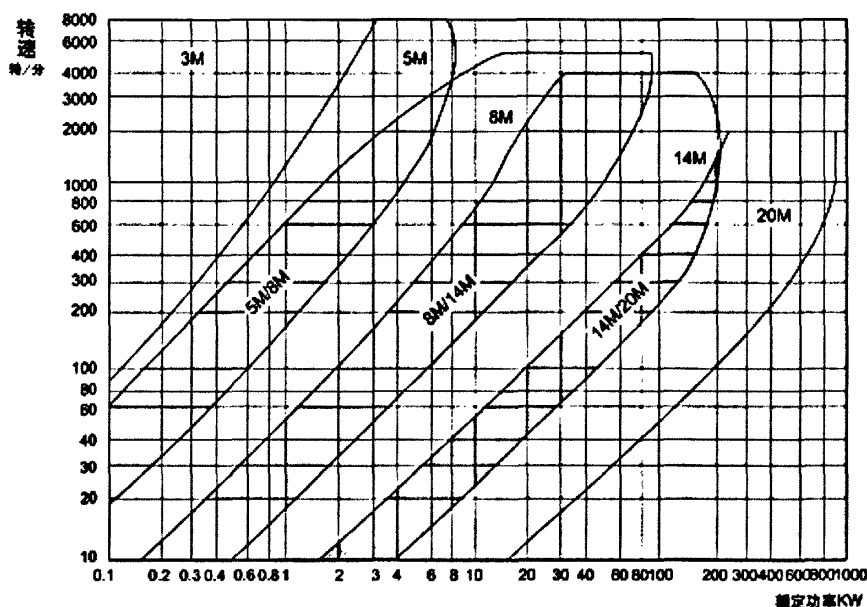


图 2-2 同步带选型图

为了传动平稳，提高带的柔性，应尽量增加啮合齿数，选择节距时应尽量取最小值，根据上图选择 14M 型弧齿同步带，节距为 14mm。

§2.3.2 同步带轮设计

相应的同步带轮应为圆弧齿同步带轮。提刀架的上下运动通过从动同步带轮的转动带动。每转 180° 提刀架作一次开口运动，则：

$$R_{\text{大}} > h_{\text{上}} - h_{\text{下}} = 110\text{mm}$$

$$R_{\text{小}} > h_{\text{上}} - h_{\text{下}} = 75\text{mm}$$

由于在同步带轮上还要开定位槽,同步带轮应尽选择较大直径。通过查表同步带轮的型号应为:40-14M。参数如下:

齿数:40

节距:14mm

节径: $d=178.25\text{mm}$

外径: $d_0=175.45$

齿形角: 14°

本次同步齿形带传动的传动比为 1:1,所以各个同步带轮的参数相同。又由:

$$Z > Z_{\min}$$

查表得

$$Z_{\min} = 28 < 40$$

经过计算选出相应的同步齿形带带宽及同步带轮宽度。

另外,为满足提花开口的大小可调,在从动同步带轮上开出若干个离轴心距离不等孔用以安装曲柄销。其 SolidWorks 的模型图如图 2-3 所示^[28]:

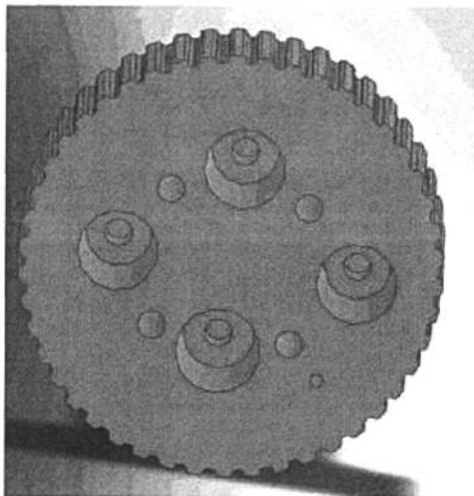


图 2-3 从动同步带轮

§2.3.3 同步带传动的张紧及安装

为了改变带轮的包角,控制带的张紧力,通常需要对带传动进行张紧。同步带的张紧方式有松边内侧张紧和松边外侧张紧两种,如图 2-4 所示:

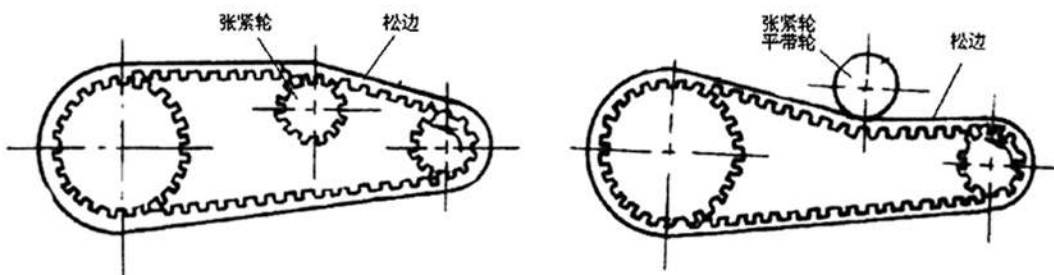


图 2-4 同步齿形带张紧方式

当对同步齿形带传动进行内侧张紧时,所选张紧轮为齿形带轮,且必须满足:

$$Z_{\text{张紧轮}} > Z_{\min}$$

而采用外侧张紧方式,只需选用普通平带轮。这种张紧方式可以增大带轮的包角,从而使带轮所受载荷更加平稳。本次设计采用外侧张紧方式。

各种材质的同步齿形带都不是完全弹性体,在预紧力的作用下,经过一段时间的运转后,会因塑性变形而松弛。为保证带传动能力,应定期检查预紧力的大小,当出现预紧力不足时,应重新进行张紧。考虑到上述原因及安装,同步齿形带张紧轮应设计张紧能力可调。按照上述要求,设计如图 2-5 所示偏心轴。

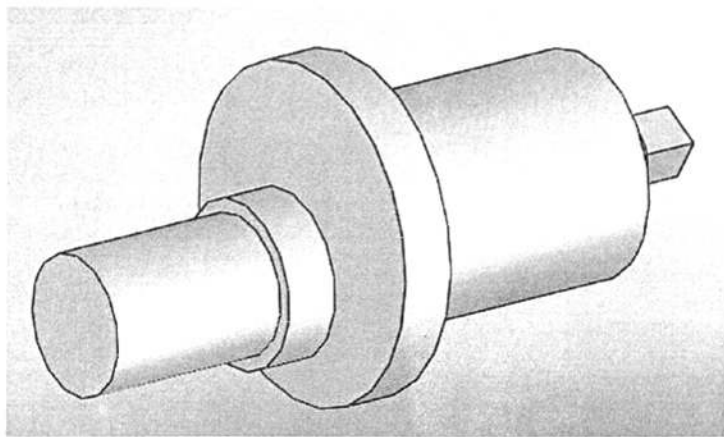


图 2-5 偏心轴结构图

偏心轴通过法兰盘固定在机架上,并将张紧轮套在偏心轴上即可以实现张紧轮张紧能力可调。

如图 2-1 所示,在两块墙板的两端各有两个主动同步带轮,共计四个主动同步带轮。每个主动同步带轮驱动一个从动同步带轮运动。图 2-7 为小开口同步带轮的布置图。

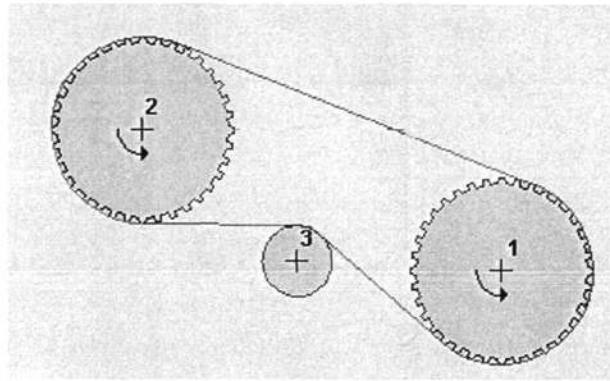


图 2-7 小开口同步带轮的布置图

其中 1 为主动同步带轮，2 为从动同步带轮并通过销轴和螺钉与小开口后轮连接，这样，主动同步带轮可以同时带动两个从动同步带轮作运动。大开口的从动同步带轮布置与上图类似。根据位置选出带长，然后用 *mulco* 公司网站提供的同步带计算软件，即可确定张紧轮的位置。软件计算界面如图 2-8 所示^[29]。

墙板两端的主动带轮通过主轴连接，故主轴传递的功率在 8KW 左右。主轴的直径应满足：

$$d > A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n}} = 125 \times \sqrt[3]{\frac{8}{150}} = 47.05$$

选取 45 号钢为主轴的材料，设计主轴直径为 60mm。

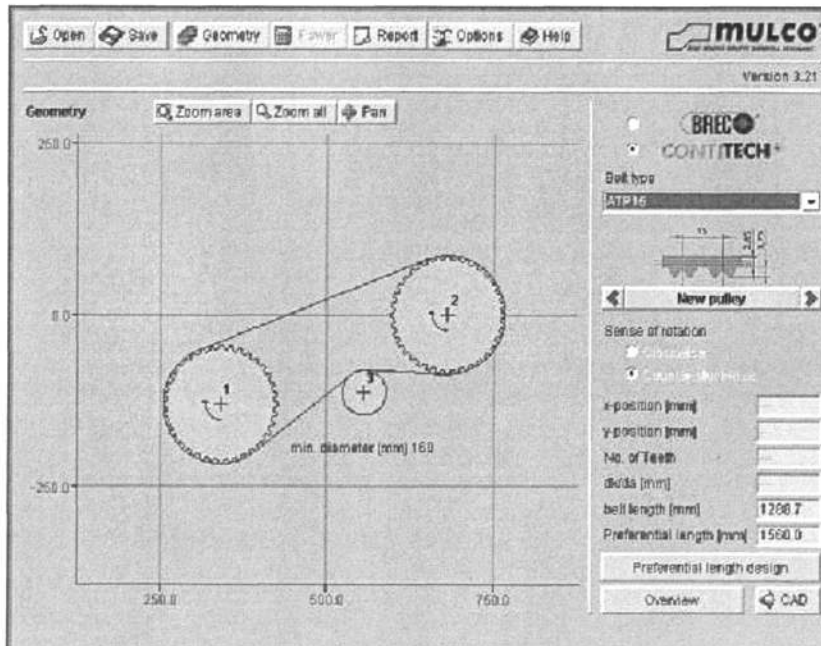


图 2-8 张紧轮计算软件界面

§ 2.4 曲柄连杆机构设计

曲柄连杆机构是把同步带轮的转动转化为提刀架的上下摆动。曲柄转动一次，提刀上下运动一次。其机构简图如图 2-9 所示：

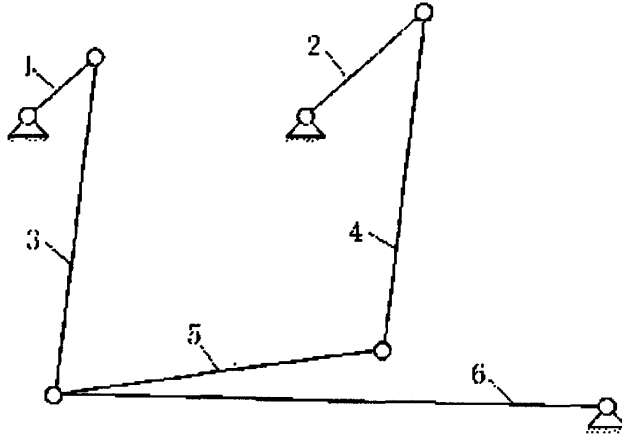


图 2-9 曲柄连杆机构简图

图中 1、2 分别为从动同步带轮上曲柄销到轴心的距离。3、4 为所求连杆，6 为连架杆，用以承受连杆上下运动时的横向载荷。5 为提刀架平铁用以安装提刀架。图中共有 7 个活动构件，8 个转动副，其机构自由度为^[30]：

$$F = 3n - (2p_l + p_h) = 3 \times 6 - 2 \times 8 = 2$$

该机构中有大、小开口同步带轮两个动力输入，因此具有确定的运动。

大、小开口度与大小开口曲柄半径之间的关系如下：

$$A = 2.7411762 \times Ra - 0.7411762 \times Rb$$

$$B = 2.7411762 \times Rb - 0.7411762 \times Ra$$

$$La = Ra + 327$$

$$Lb = Rb + 327$$

其中：

A、B 表示大、小开口度；

Ra, Rb 表示大小开口曲柄半径；

La、Lb 分别表示大、小开口连杆长；

表 2-1 为上述各量的对应关系表。

表 2-1 曲杆连杆机构各设计量对应关系表

大开口曲柄半径	小开口曲柄半径	大开口度	小开口度	大开口连杆长	小开口连杆长
Ra	Rb	A	B	La	Lb
37	30	79.188	54.812	364	359
37	34	76.224	65.776	364	362
37	38	73.259	76.741	364	365
37	42	70.294	87.706	364	369
43	30	95.635	50.365	370	359
43	34	92.671	61.329	370	362
43	38	89.706	72.294	370	365
43	42	86.741	83.259	370	369
49	30	112.082	45.918	376	359
49	34	109.118	56.882	376	362
49	38	106.153	67.847	376	365
49	42	103.188	78.812	376	369
55	30	128.529	41.471	382	359
55	34	125.565	52.435	382	362
55	38	122.6	63.4	382	365
55	42	119.635	74.365	382	369

注意到连架杆 6 绕固定铰链转动，所以提刀架平铁不仅作上下运动，在水平方向也存在位移。选针器只能在竖直方向运动，因此必须设计机构来消除水平位移。由于提刀架平铁的转动角度不大，可以利用铰链的转动来消除水平位移保证与选针器连接的提刀作竖直运动，原理如图 2-10 所示：

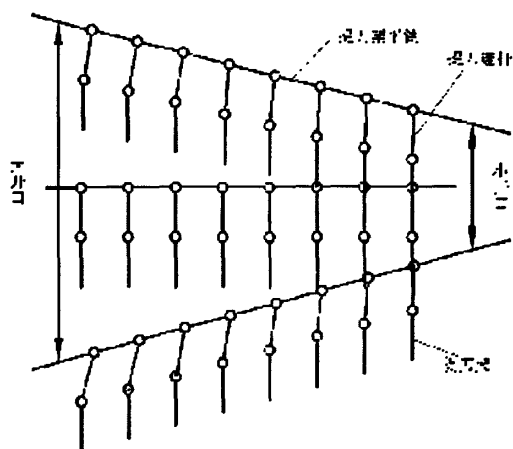


图 2-10 提刀架结构

在提刀架平铁下面加一排提刀连杆并用铰链与提刀架横铁相连，连杆再与提刀架相连。同时在提刀架竖直方向加上移动约束，这样就可以保证提刀架只作竖直运动。

§ 2.5 电子提花机传动系统运动学分析

§2.5.1 织机工作时间分配

织造运动通常由开口运动、引纬运动、找纬运动三个基本运动及送经运动和卷取运动两个辅助运动组成。电子提花机的作用是完成三大基本运动中的开口运动。在织造过程中，各运动依据主轴的转角相互配合^[1]。在对电子提花机传动系统作运动学分析前，有必要先了解织机的工作状态，表 2-2 为剑杆织机的工作状态表：

表 2-2 织机工作状态表

主轴转角 (°)	织机各机构运动
0	打纬止点
20	纬停
40	送经
50	选纬杆到位，送纬剑接触纬纱
60	梭口接近满开

68	两剑头进入地经梭口
70	梭口满开
180	两剑交接
190	梭口开始闭合
210	选纬针开始运动
292	两剑退出地经
310	选纬针开始运动
320	选纬针绞边综框平
40-310	织机启动区
150-160	两剑杆检测区
200-210	
80-160	纬纱检测区
220-300	

织机的经纱张力在满开口时最大，平综时最小。在设计织机运动机构时，应尽量减小经纱张力的变化，从而降低断经的概率。因此，综框应在平综时速度最大，而在最大开口时速度最小。

§2.5.2 电子提花机传动系统运动学分析

电子提花机传动系统运动学分析的对象是联接从动同步带轮与提刀架平铁的曲柄连杆机构。平面连杆机构运动学分析的主要任务是根据确定的机构尺寸及原动件的运动规律，求出构件的角位移、角速度和角加速度及机构上某些点的位移、速度、加速度以了解机构的运动性能，同时为机构的创新设计提供依据^[30]。本次设计分析的对象为提刀架平铁上某些点的位移、速度及加速度和连杆的角位移、角速度和角加速度。

机构分析主要有解析法和图解法两种方法。图解法分析简捷直观但精度不高，解析法分析虽然计算相对复杂，但借助计算机后可以获得很高计算精度的分析结果，并且绘出相应的运动曲线，把机构分析与机构综合问题联系起来指导机构的优化设计^{[32][33][34]}。本次分析采用矢量解析法。本文设计的曲柄连杆机构的

矢量图如 2-11 所示:

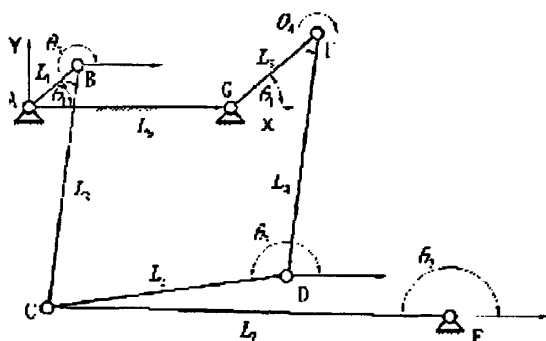


图 2-11 曲柄连杆机构总矢量图

上图中杆长 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 、 L_6 、 L_7 及角位移 θ_1 为已知参数。角位移 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_7 为未知参数。为方便计算，将上面机构矢量图分解，先求出与 θ_3 、 θ_7 相关的物理量，将固定铰接点 E、G 相连，得到图 2-12 所示的矢量图：

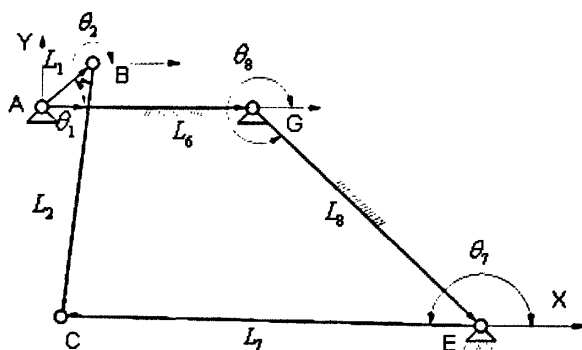


图 2-12 曲柄连杆机构简化矢量图

上图中 θ_8 及 L_8 也为已知参数，机构各杆矢所构成的矢量封闭方程为：

$$\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{L}_6 + \vec{L}_7 + \vec{L}_8 \quad (2-1)$$

将其向坐标轴投影，得：

$$\begin{cases} L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 = -L_6 + L_7 \cos \theta_7 + L_8 \cos \theta_8 \\ L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 = L_7 \sin \theta_7 + L_8 \sin \theta_8 \end{cases} \quad (2-2)$$

此方程组只有 θ_2 、 θ_7 两个未知量，可用迭代法求解，令：

$$A = L_1 \cos \theta_1 - L_8 \cos \theta_8 + L_6$$

$$B = L_1 \sin \theta_1 - L_8 \sin \theta_8$$

$$C = \frac{L_7^2 - L_2^2 - A^2 - B^2}{2L_2}$$

解得:

$$\theta_2 = 2\arctg\left(\frac{B + \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{A + C}\right)$$

同理令:

$$E = \frac{L_2^2 - L_7^2 - A^2 - B^2}{2L_2}$$

得:

$$\theta_7 = 2\arctg\left(\frac{-B + \sqrt{A^2 + B^2 - E^2}}{C - E}\right)$$

θ_2 、 θ_7 分别为杆2与杆7相对于原点A的角位移。

将方程组 2-2 对时间 t 求导可得到速度方程:

$$\begin{cases} L_1 \sin \theta_1 \omega_1 + L_2 \sin \theta_2 \omega_2 = L_7 \sin \theta_7 \omega_7 \\ L_1 \cos \theta_1 \omega_1 + L_2 \cos \theta_2 \omega_2 = L_7 \cos \theta_7 \omega_7 \end{cases} \quad (2-3)$$

解得:

$$\omega_2 = \frac{L_1 \omega_1 \sin(\theta_1 - \theta_7)}{L_2 \sin(\theta_7 - \theta_2)}$$

$$\omega_7 = \frac{L_1 \omega_1 \sin(\theta_1 - \theta_2)}{L_2 \sin(\theta_7 - \theta_2)}$$

ω_2 、 ω_7 分别为杆2与杆7相对于原点A的角速度。

将方程组 2-2 对时间 t 求导可得加速度方程:

$$\begin{cases} -L_1 \cos \theta_1 \omega_1^2 + L_2 \sin \theta_2 \alpha_2 + L_2 \sin \theta_2 \omega_2^2 = L_7 \cos \theta_7 \omega_7^2 + L_7 \sin \theta_7 \alpha_7 \\ L_1 \sin \theta_1 \omega_1^2 + L_2 \cos \theta_2 \alpha_2 + L_2 \cos \theta_2 \omega_2^2 = L_7 \sin \theta_7 \omega_7^2 + L_7 \cos \theta_7 \alpha_7 \end{cases} \quad (2-4)$$

解得:

$$\alpha_2 = \frac{L_2 \omega_2^2 \sin(\theta_7 - \theta_2) - L_1 \omega_1^2 \cos(\theta_1 + \theta_7)}{L_2 \sin(\theta_7 - \theta_2)}$$

求出杆2相到原点的角位移、角速度及角加速度后,只要再求出 L_2 此时相对于原点A的矢径,即可得到提刀架平铁上C点的位移,从而判断出电子提花

机小开口端的开口大小是否符合要求。再求出相应的角速度与角加速度，就可判断 C 点的速度、加速度是否合理。构建杆 2 的矢量三角形，如图 2-13 所示：

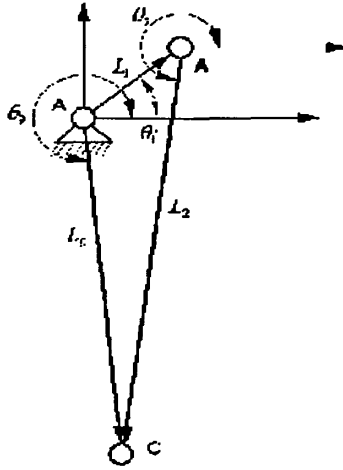


图 2-13 杆 2 矢量图

其矢量方程为：

$$\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{L}_9 \quad (2-5)$$

将其向坐标轴投影，得方程组：

$$\begin{cases} L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 = L_9 \cos \theta_9 \\ L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 = L_9 \sin \theta_9 \end{cases} \quad (2-6)$$

解得：

$$L_9 = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 + 2L_1L_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}$$

$$\theta_9 = \arcsin\left(\frac{L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2 + 2L_1L_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}}\right)$$

将方程组 2-5 对时间求导可得速度方程

$$\begin{cases} L_1 \sin \theta_1 \omega_1 + L_2 \sin \theta_2 \omega_2 = L_9 \sin \theta_9 \omega_9 \\ L_1 \cos \theta_1 \omega_1 + L_2 \cos \theta_2 \omega_2 = L_9 \cos \theta_9 \omega_9 \end{cases}$$

解得：

$$\omega_2 = \frac{L_1 \omega_1 \sin(\theta_1 - \theta_9)}{L_2 \sin(\theta_9 - \theta_2)}$$

将方程 2-5 求导得到关于 α_9 的加速度方程：

$$\begin{cases} -L_1 \cos \theta_1 \omega_1^2 + L_2 \sin \theta_2 \alpha_2 + L_2 \sin \theta_2 \omega_2^2 = L_9 \cos \theta_9 \omega_9^2 + L_9 \sin \theta_9 \alpha_9 \\ L_1 \sin \theta_1 \omega_1^2 + L_2 \cos \theta_2 \alpha_2 + L_2 \cos \theta_2 \omega_2^2 = L_9 \sin \theta_9 \omega_9^2 + L_7 \cos \theta_9 \alpha_9 \end{cases} \quad (2-7)$$

解得:

$$\alpha_9 = \frac{L_2 \omega_2 \alpha_2 - L_2 \omega_9^2 \sin(\theta_2 - \theta_9)}{L_2 \omega_9 \cos(\theta_2 + \theta_9)}$$

设定电机的转速为 150r/min, 将已知杆长及角度代入上述计算结果中, 利用 Matlab 对结果进行输出^[35]。提刀架平铁 C 点位移如图 2-14 所示:

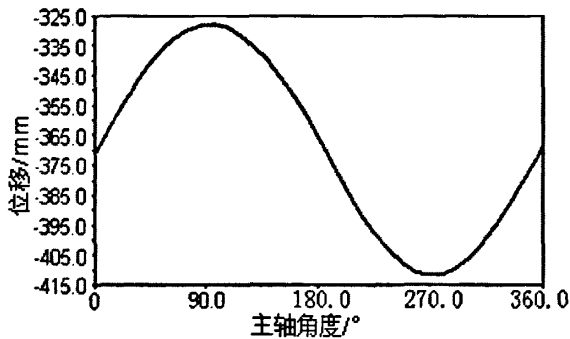


图 2-14 小开口位移曲线

图中的零点为平综位置, 可以看出, 小开口大小约为 80mm, 满足设计要求。

C 点在竖直方向的速度与加速度曲线如图 2-15 所示:

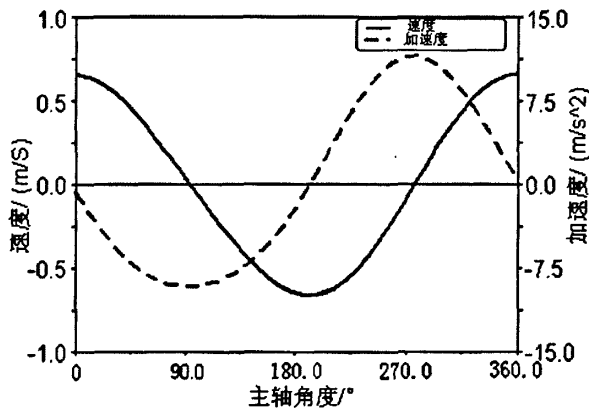


图 2-15 小开口速度、加速度曲线

由图可知, 在平综位置时, 提刀架平铁上的 C 点速度最大, 在满开位置时速度为零, 满足经纱张力要求。但同时发现, 梭口满开时加速度达到最大, 给经

纱张力的控制带来不利影响。

对于提刀大开口端的 D 点，也可利用上述方法进行运动学分析。限于篇幅，只做 D 点竖直位移分析。矢量图如 2-16 所示：

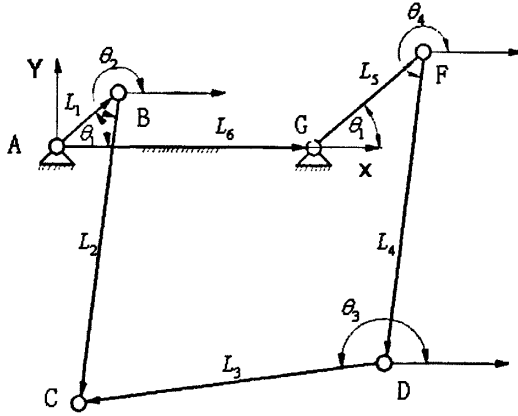


图 2-16 曲柄连杆机构简化矢量图

上图中 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 、 θ_1 及 θ_2 为已知参数，机构矢量封闭方程为：

$$\vec{L}_1 + \vec{L}_2 = \vec{L}_3 + \vec{L}_4 + \vec{L}_5 + \vec{L}_6 \quad (2-8)$$

将其向坐标轴投影，得：

$$\begin{cases} L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 = L_3 \cos \theta_3 + L_4 \cos \theta_4 + L_5 \cos \theta_1 + L_6 \\ L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 = L_3 \sin \theta_3 + L_4 \sin \theta_4 + L_5 \sin \theta_1 \end{cases} \quad (2-9)$$

利用迭代法求解，令：

$$H = (L_1 - L_5) \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2 - L_6$$

$$I = (L_1 - L_5) \sin \theta_1 - L_2 \sin \theta_2$$

$$J = \frac{L_4^2 - L_3^2 + H^2 + I^2}{2L_2}$$

$$M = \frac{L_3^2 - L_4^2 + H^2 + I^2}{2L_2}$$

解得：

$$\theta_3 = 2 \arctg \left(\frac{I + \sqrt{H^2 + I^2 - M^2}}{H + M} \right)$$

$$\theta_4 = 2 \arctg \left(\frac{I + \sqrt{H^2 + I^2 - J^2}}{H + J} \right)$$

对方程组 2-8 对时间 t 求导可得:

$$\omega_3 = \frac{(L_1 - L_5)\omega_1 \sin(\theta_1 - \theta_4)}{L_3 \sin(\theta_3 - \theta_4)}$$

为求 D 点竖直方向位移, 构建如图 2-17 的矢量三角形:

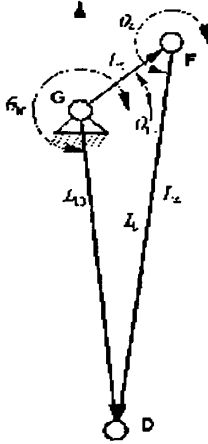


图 2-17 杆 4 矢量三角形

其矢量方程为:

$$\vec{L}_4 + \vec{L}_5 = \vec{L}_{10} \quad (2-10)$$

将其向坐标轴投影, 得方程组:

$$\begin{cases} L_4 \cos \theta_4 + L_5 \cos \theta_1 = L_{10} \cos \theta_{10} \\ L_4 \sin \theta_4 + L_5 \sin \theta_1 = L_{10} \sin \theta_{10} \end{cases} \quad (2-11)$$

解得:

$$L_{10} = \sqrt{L_4^2 + L_5^2 + 2L_4L_5 \cos(\theta_1 - \theta_4)}$$

利用 Matlab 对 D 点的竖直位移计算结果输出, 得图 2-18

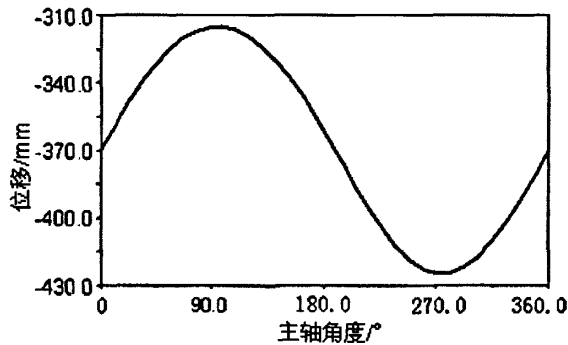


图 2-18 D 点大开口位移曲线

第三章 基于虚拟样机的力学分析

§ 3.1 虚拟样机技术概述

§3.1.1 虚拟样机技术概述

随着经济的飞速发展,市场竞争日益激烈,企业为提高其市场竞争力,必须加快产品开发速度,提高产品设计质量,降低产品开发成本。虚拟样机技术就在这种背景驱动下产生的。

机械工程中的虚拟样机技术又称为机械系统动态仿真技术,通过将CAD建模技术、用户界面设计、计算机支持的协同工作(CSCW)技术、基于知识的推理技术、设计过程管理和文档化技术、虚拟现实技术集成起来,形成一个基于计算机、桌面化的分布式环境,用以支持产品设计。利用虚拟样机技术,工程师可以将机械系统在计算机上三维可视化处理,用以模拟其在现实环境中的运动与动力特性,通过分析计算机仿真结果为下一步设计提供指导。利用虚拟样机技术可以大大简化了机械产品的设计开发过程,缩短产品开发周期,提高产品的系统级性能,获得最优化的设计产品^{[36][37]}。

§3.1.2 虚拟样机技术研究内容

虚拟样机研究对象是机械系统。机械系统是指由多个相互连接、彼此能够相对运动的构件的组合,其分析方法通常有3种,即:机械系统静力学分析、机械系统动力学分析及机械系统运动学分析。虚拟样机的核心是利用计算机辅助分析技术对机械系统进行运动学和动力学分析,确定系统及其构件在任意时刻的位置、速度及加速度,同时通过求解非线性运动方程、能量表达式等以确定引起系统及其构件运动的作用力与反作用力^[38]。

虚拟样机仿真主要包括几何仿真与性能仿真两方面内容。几何仿真是通过虚拟造型技术直观地反映出机械系统的几何特征及构件之间的装配关系,通过系统干涉、装配缺陷等检查为下一步的运动学和动力学仿真打下基础。在建模过程中应注意所建模型要尽量贴合实物,加载在模型上的参数如约束、驱动力、刚度等也应尽量与实际相符。性能分析的核心是多体系统动力学。多体系统动力学是研

究多体系统（一般由若干个柔性和刚性物体相互连接而成）运动规律的科学，通常需要建立大量运动方程、力学方程及其它相关量表达式进行动力学研究^{[37][39]}。

§3.1.3 虚拟样机仿真分析基本步骤

虚拟样机的仿真分析包括机械系统建模、模型检验、仿真分析、仿真结果分析、完善模型及优化设计等步骤，结合电子提花机传动系统，仿真流程图如图 3-1 所示：

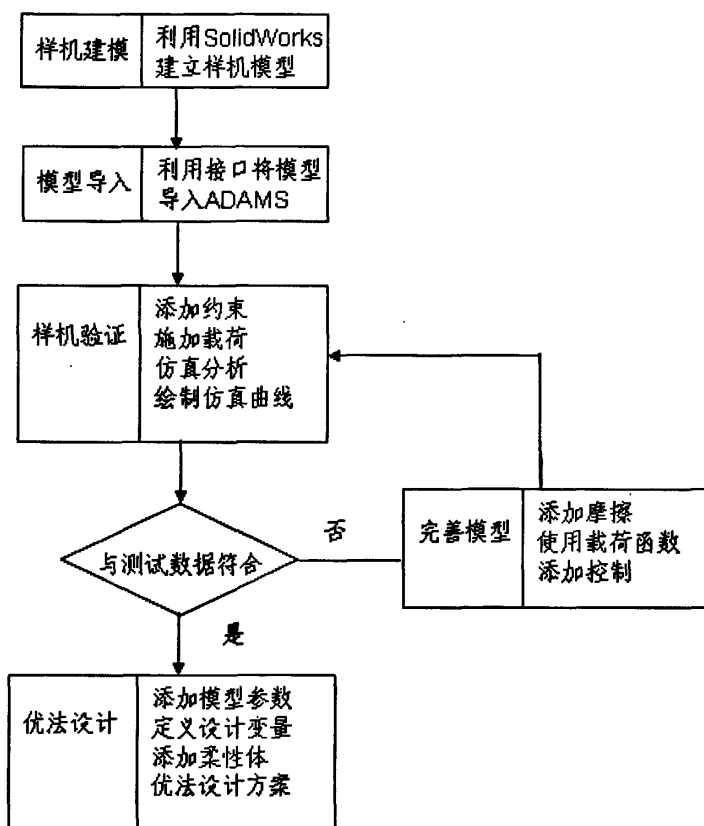


图 3-1 虚拟样机分析基本步骤

§ 3.2 基于 ADAMS 的电子提花机传动系统动力学仿真

利用 ADAMS 与 SolidWorks 的接口，将 SolidWorks 中建立的电子提花机传动系统的模型导入 ADAMS 中，分析各构件的受力情况及电机的输入转矩，验证第三章中结构设计的合理性。

§3.2.1 动力学仿真软件 ADAMS 简介

ADAMS, 即机械系统动力学自动分析(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems), 该软件是美国 MDI 公司(现在已经并入美国 MSC 公司)开发的虚拟样机分析软件。

ADAMS 软件使用交互式图形环境和零件库、力库、约束库, 创建参数化的几何模型, 其动力学分析的基础是拉格朗日方程。利用其求解器可对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析。利用 ADAMS 软件仿真可以预测机械系统的性能、碰撞检测、运动范围、峰值载荷及计算有限元的输入载荷等。

ADAMS 软件由基本模块、扩展模块、接口模块、专业领域模块及工具箱 5 类模块组成。本次仿真只需用到其 3 个最基本模块, 即: ADAMS/View (基本环境)、ADAM/Solver (求解器) 和 ADAMS/Processor (后处理)。这 3 个基本模块中, ADAMS/View 提供了一个直接面向用户的基本操作对话环境和虚拟样机分析的前外理功能, 包括样机的各种建模工具、样机模型数据的输入与编辑、与求解器和后处理等程序的自动连接、同其它应用程序的自动连接等。其操作界面非常友好。ADAMS/Solver 是求解机械系统运动学和动力学问题的程序。当完成样机分析准备后, ADAMS/View 可以自动调用 ADAMS/Solver 求解样机模型的静力学、运动学及动力学问题。ADAMS/Solver 求解过程复杂, 可以将其求解过程看作是“黑匣子”。ADAMS/Processor 主要是对仿真结果进行后处理。其处理能力强大, 可以回放仿真结果, 可以绘制出各种分析曲线, 还可以对分析曲线进行数学计算。另外 ADAMS/Processor 还可以输入实验数据绘制曲线, 并将两者进行比较以判断仿真的准确性^{[40][41]}。

§3.2.2 虚拟样机建模

相比较而言, ADAMS 的建模能力较弱, 因此选用专业三维建模软件 SolidWorks 对电子提花机的传动系统进行建模。在导入 ADAMS 之前, 对模型进行简化。由于电子提花机传动系统的机架对称布置, 所以只要研究其中一边机构即可。删除对动力学仿真影响不大的零件, 比如机架、同步带轮上的轴承、两个同步带轮之间的螺栓联接等。简化后的传动模型包括同步带轮、连杆上、下接头、连杆、提刀架横铁及连架杆。将这样的模型导入 ADAMS 中既简洁明了, 又方

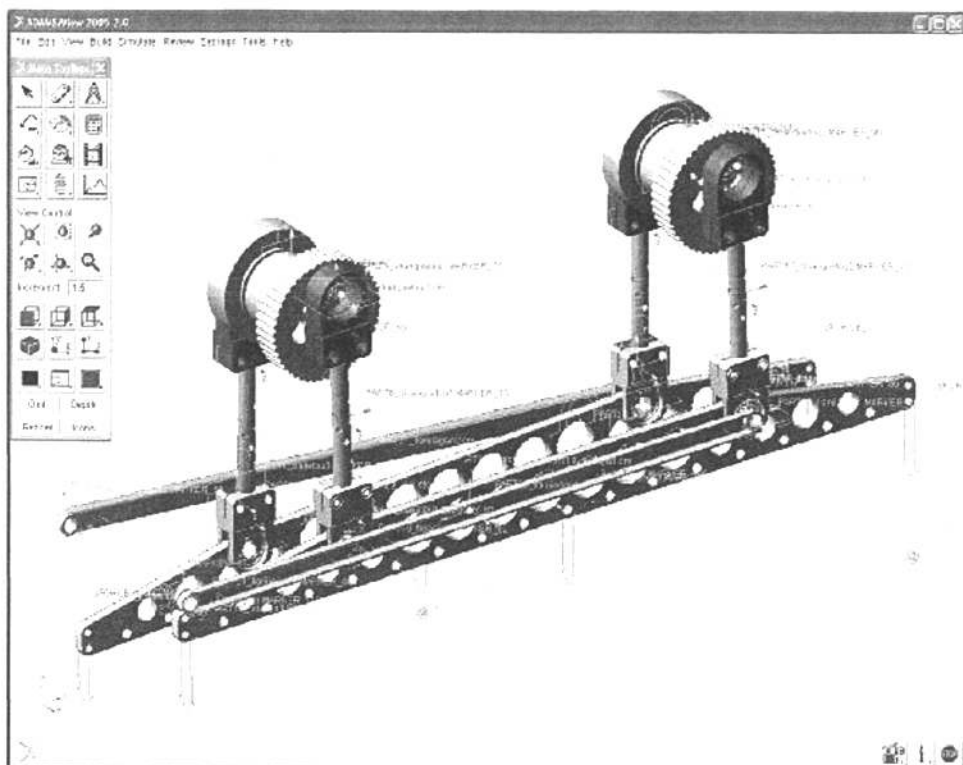


图 3-2 电子提花机传动系统动力学模型

图 3-2 为添加完约束后的电子提花机传动系统动力学模型, 利用 ADAMS 进行自由度检查, 显示系统已经完全约束。结果如图 3-3 所示:

```

-12 Gruebler Count (approximate degrees of freedom)
20 Moving Parts (not including ground)
14 Revolute Joints
10 Fixed Joints
2 Motions

0 Degrees of Freedom for .wgbl
  
```

图 3-3 ADAMS 自由度检查结果

§ 3.3 电子提花机传动系统动力学仿真结果分析

在 ADAMS 中进行动力学仿真后, 我们可以借助 ADAMS/Processor 模块对仿真结果进行后处理。通过观察其输出的曲线表格来验证设计方案的合理性, 同时为模型的修改提供依据。

§3.3.1 电子提花机传动系统运动学验证

在第二章中我们已经通过计算获得了电子提花机大、小开口的位移、速度、加速度等物理参数。只要设定电机转速、各刚性杆长尺寸等信息，ADAMS 便可通过 ADAMS/Processor 模块对上述物理量的仿真曲线进行输出。图 3-4 为电子提花机正常工作时，即电机转速为 150r/min 时提刀架横铁上 C 点的各项运动参数。需要说明的是，图示中零点位置为提花机开口最大位置，与第二章平综位置相位角相差 90° 。

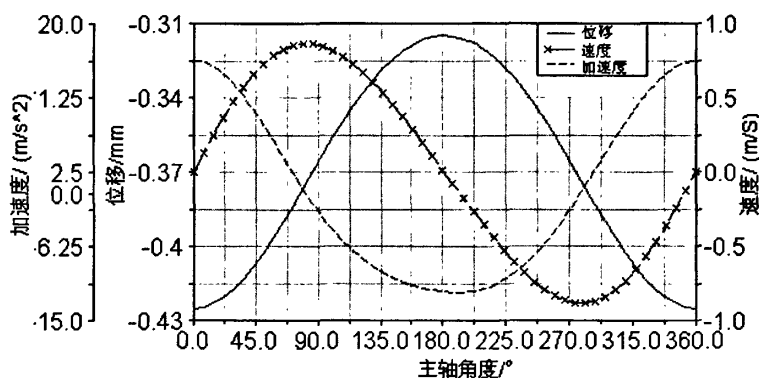


图 3-4 小开口各运动学参数曲线

§3.3.2 连杆受力分析

电子提花机的提力架所受的载荷随着提针的变化而变化。当用慢车测试时，提针将全部被提起，此时提刀架的受力最大，快车不会出现上述情况。选取上、下两个连杆接头的转动副作为分析对象，通过对旋转副的受力分析可以为轴承的选型提供依据，同时也可以校核连杆及其各接头的强度。

提刀架横铁上挂有 24 片提刀架，每片提刀架带动 32 个选针器上的提针作上下运动。提刀架横铁上所受的力为全部提针所受力的总和。现在每个选针器的提针上挂两个重锤，每个重锤质量为 100g，则提针的全部拉力：

$$F_{\text{拉}} = 6144 \times 100 \times 2 \times 10 \times 10^{-3} = 12288 \text{ N}$$

考虑到各机构自身重量、通丝与两块玻璃板的摩擦及机构的传动效率，取

$$F_{\text{拉}} = 16000 \text{ N}.$$

当选针器提针上的片钩与电磁阀上的挂钩接触时，会产生 3.5N 左右的阻力。

这个力是不连续的，作用于提刀架横铁上力与时间的关系可用图 3-5 表示：

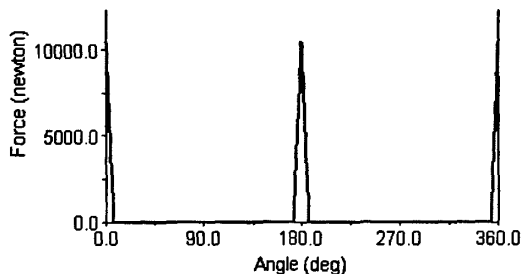


图 3-5 阻力与时间关系图

在 ADAMS 中定义变载荷时可以利用 ADAMS 中的内置函数。上图中所示的力可用 STEP 函数编写如式 4-1 所示表达式即可^[40]。

$$F(\text{time})=\text{step}(\text{time},0,10500,0.05,0)+\text{step}(\text{time},2.95,0,2.98,10500)+ \\ \text{step}(\text{time},3.02,0,3.05,-10500)+\text{step}(\text{time},5.95,0,6,10500) \quad (4-1)$$

设定电机的转速为 10r/min，利用 ADAMS/Processor 各连接上受力情况。图 3-6 左边为小开口处连杆下接头与提刀架横铁的旋转幅处连杆下接头所受 X 方向分力图，右边为 Y 方向分力图。受力合成图如图 3-7 所示：

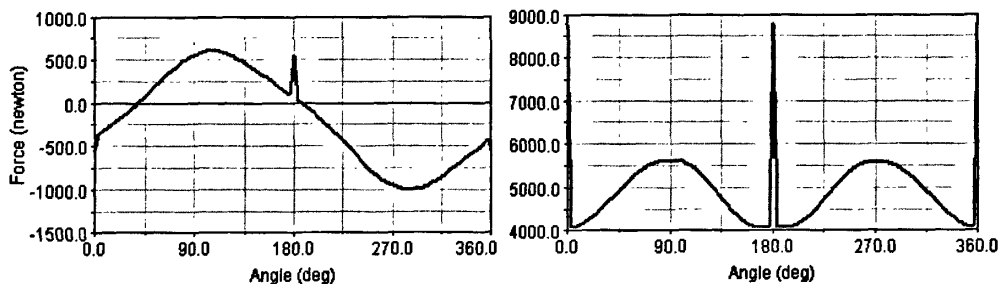


图 3-6 小开口处连杆下接头与提刀架横铁旋转幅分力图

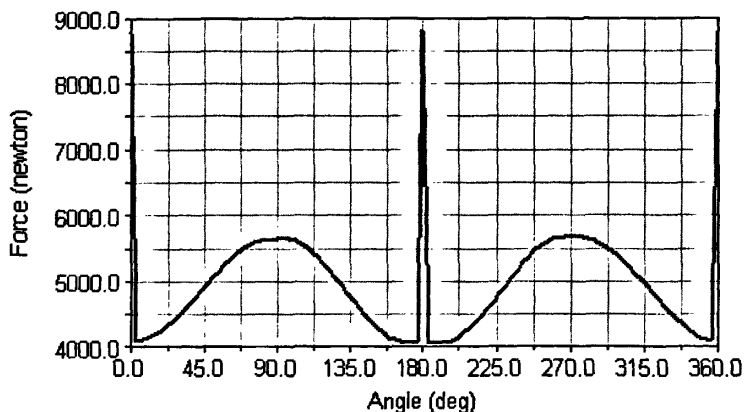


图 3-7 小开口处连杆下接头与提刀架横铁旋转幅受力图

由此可见，连杆主要承受竖直方向的力，其水平分力由连架杆承担，。图 3-8 左边为大开口处连杆下接头与提刀架横铁的旋转幅处所受 X 方向分力图，右边为 Y 方向分力。受力合成图如图 3-9 所示：

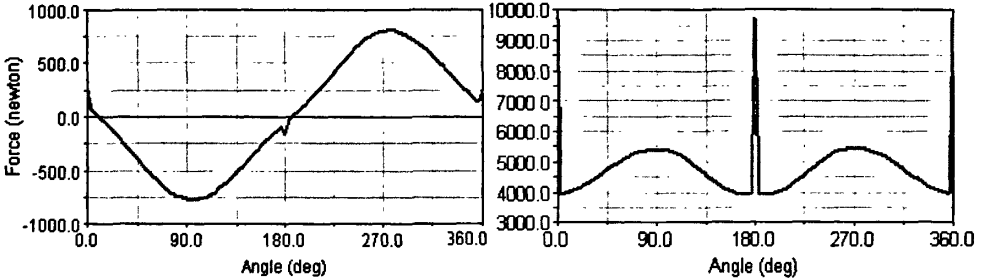


图 3-8 大开口处连杆下接头与提刀架横铁的旋转幅分力图

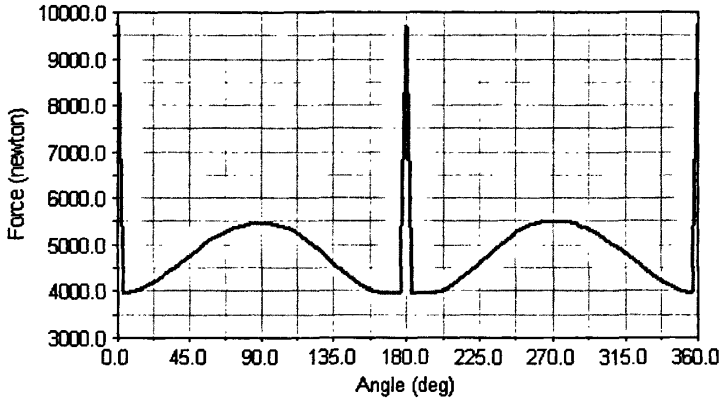


图 3-9 大开口处连杆下接头与提刀架横铁旋转幅受力图

相比较而言，大开口处的连杆的受力要大于小开口处。

§3.3.3 主轴输入扭矩分析

在第二章的机构设计中，我们知道电子提花机的机架对称布置，通过主轴相连。计算出单边机架传动所需扭矩后将其翻倍即可得到主轴所需输入扭矩。大、小开口同步带轮转动所需扭矩及其扭矩合成图如图 3-10 所示：

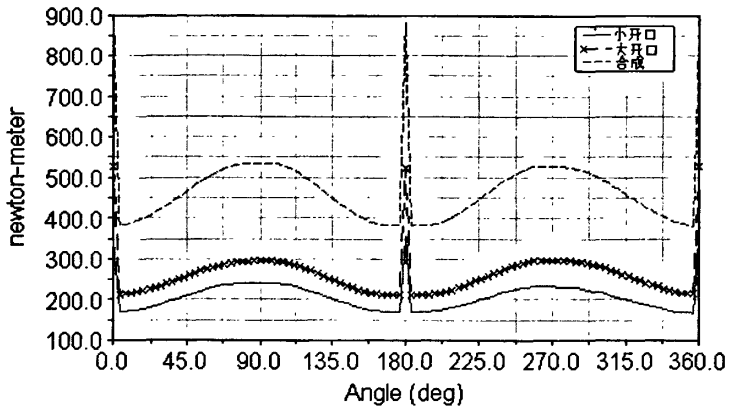


图 3-10 大小开口同步带轮扭矩图

由于电磁铁的挂钩处存在阻力，当提刀在开口最大位置时，力矩会出现突变现象。如图所示，单边机架传动所需扭矩为 900N.M 左右，所以主轴输入扭矩在 1800N.M 左右。

主轴通过万向联轴器与主电机相连，根据传动比，可对电机进行选型。电机的输出扭矩要大于扭矩曲线上的最大值，此外还要充分考虑安全系数。

§ 3.4 电子提花机传动系统有限元分析

前面已经对电子提花机传动系统进行运动学及动力学分析，得到主要构件随主轴转动的受力分布图。对构件进行有限元分析，得到各个构件的应力应变图，为相关零件设计提供指导。

§3.4.1 有限元分析原理概述

有限元法也叫有限单元法 (Finite Element Method)，是利用电子计算机求解结构的静、动态力学特性等问题的数值解的方法。它将求解域看成是由许多称为有限元的小的互连子域组成，为每一单元假定一个合适的近似解，然后利用平衡条件和连续条件得到域的总体满足条件，从而得到问题的解。用有限元方法得到的不是准确解，而是近似解，但其计算精度高，而且能适应各种复杂形状^[44]。在实际的工程问题中，许多问题难以得到准确解，因而有限元分析是行之有效的工程分析手段之一。

有限元分析可分为三个阶段，前处理阶段、处理阶段及后处理阶段。前处理

阶段主要任务是建立有限元模型，完成单元网格划分；后处理阶段的任务则是采集处理分析结果，使用户能方便地提取信息，了解计算结果。

目前，市场上已有不少大型通用有限元商业软件，如：NASTRAN、ADINA、SAP、ANSYS、MARC、ABAQUS、JIFEX 等。ABAQUS 在线性分析分面有较强的计算能力，而 ANSYS 软件的应用领域十分广泛。本文将采用由美国 ANSYS 公司开发 ANSYS Workbench 软件作为分析平台。

ANSYS Workbench 是新一代的 CAE 分析环境和应用平台，软件采用 Windows 界面风格，操作更加方便，与 CAD 软件有直接的双向接口功能，方便模型的建立。ANSYS Workbench 包括 CAE 建模工具 Design Molder，分析工具 Design Simulation 及优化分析 DesignXplorer。可完成以下任务^[45]：

- 1) 输入 CAD 模型
- 2) 用 Design Molder 建立设计模拟的模型
- 3) 使用 DesignXplorer 或者 DesignXplorer 说 VT 进行设计优化。
- 4) 将选定的设计返回给原模型。

§3.4.2 ANSYS Workbench 接口及网格划分

CAE 软件的分析能力很强，但其建模能力通常较弱，因此建模的任务通常由 CAD 软件完成。ANSYS Workbench 提供 Reader 与 Plug-In 两种与 CAD 的接口方式。Reader 的接口有 ACSI (SAT, ACIS11)、Parasolid、CATIA 及 IEGS。同时具有 Reader 和 Plug-In 两种方式的有 SolidEdge、SolidWorks、Inventor Pro/Engineer、Unigraphics 及 Mechanical Desktop^{[46][47]}。

利用 ANSYS Workbench 分析模型的过程包括：模型导入、指定分析类型、校核分析对象材料、模型网格划分、施加力与约束、求解、查看结果等七大步骤。其中网格划分这一步最为关键，分为自由网格划分、映射网络划分、拖拉、扫略网格划分、混合网格划分、利用自由度耦合和约束方程及利用子区模型等方法。使用者根据分析对象复杂程度及精度要求选择上述不同的网格划分方式。本文中各构件结构简单，利用 ANSYS Workbench 自动划分网络即可。图 3-11 为大开口同步带轮同网格划分后的示意图。

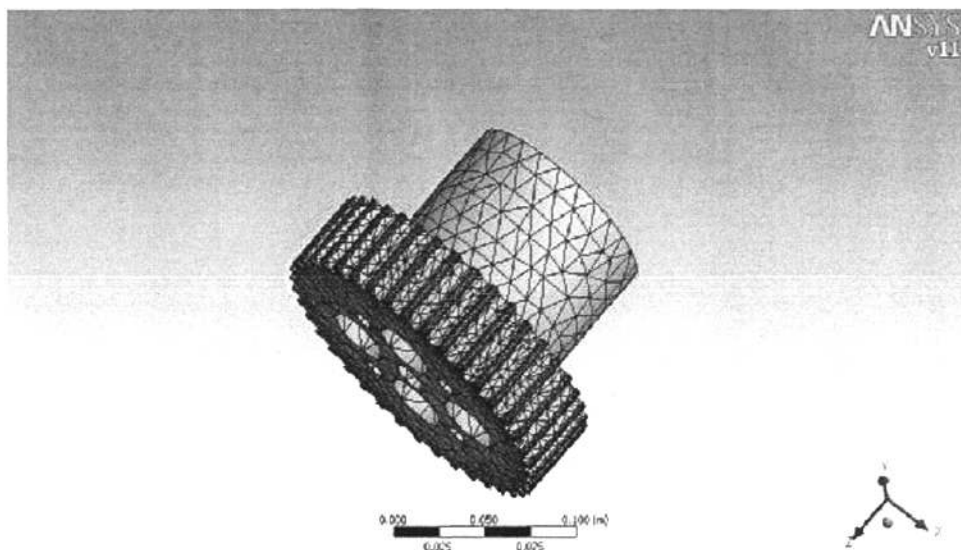


图 3-11 大开口同步带轮同网格划分示意图

§3.4.3 大开口同步带轮有限元分析结果

本次设计的同步带轮及后轮都采用 45 号钢，查机械设计手册得其屈服强度为 355MPa。大开口同步带轮用来传递主动同步带轮的动力输入，驱动提刀架作上、下运动，同时通过销轴及螺栓联接向大开口后轮传递扭矩。其应力云图如图 3-12 所示：

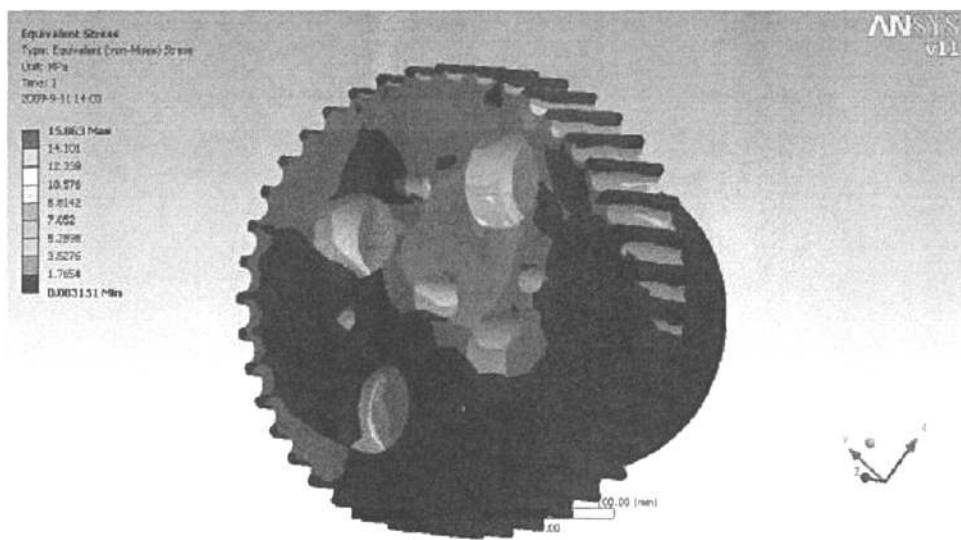


图 3-12 大开口同步带轮应力云图

大开口同步带轮的最大等效力为 15.863MPa,远远小于其材料屈服强度，

此设计符合设计要求。图 3-13 为其变形云图，同样可以看出其变形非常小。

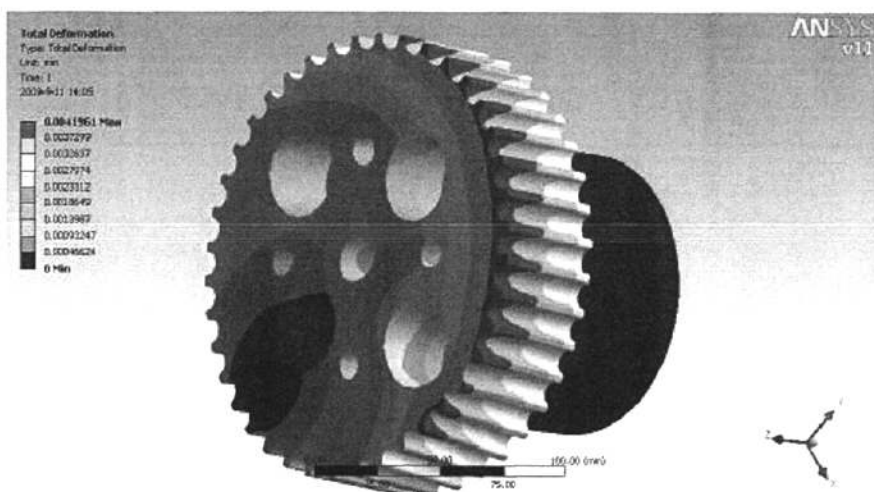


图 3-13 大开口同步带轮变形云图

§3.4.4 连杆的有限元分析结果

上、下连接头和连杆通过螺纹连接在一起，在分析时把它们看作一个整体，两端的受力情况可以在上一节的虚拟样机中获得。由于大开口处连杆的受力大于小开口处，因此选择大开口处连杆作为有限元分析对象。

已知上、下连接头及连杆的材料为 Q235，查机械设计手册得其屈服强度为 235Mpa。按连杆受力最大的情况加载载荷，其应力云图如图 3-14 所示：

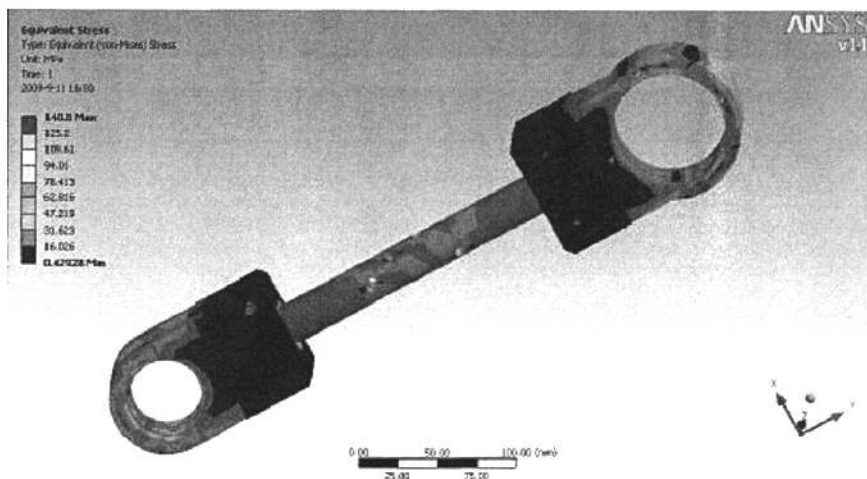


图 3-14 连杆应力云图

在最大载荷作用下，连杆的最大等效应力为 140.8MPa，小于材料屈服强度，

故结构设计满足要求。

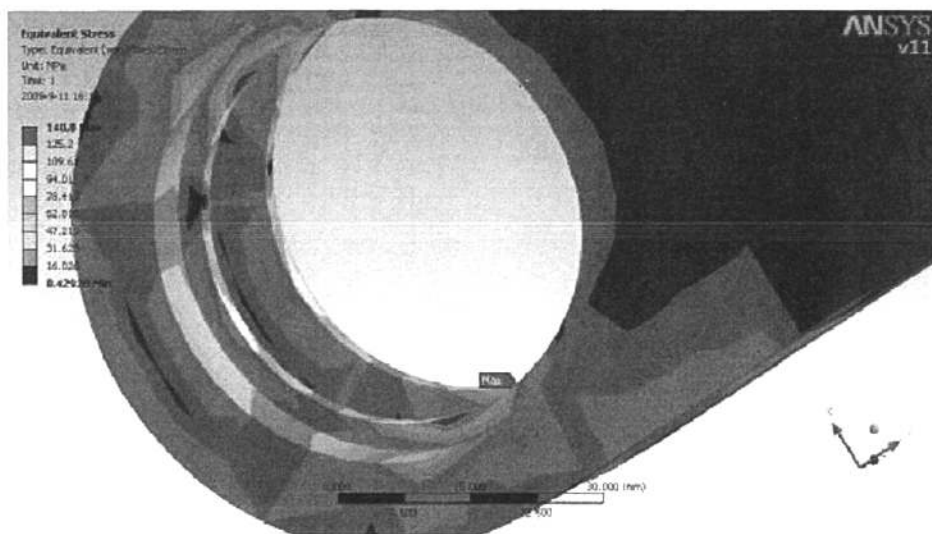


图 3-15 连杆应力局部放大图

由图 3-15 可知，应力最大出现在连杆下接头与轴承配合外，在满足功能的前提下，应加厚如图所示的位置。

§3.4.5 提刀杆横铁有限元分析结果

提刀架横铁用来安装提刀架，其材料为 Q235，屈服强度为 235Mpa，应力云图如图 3-16 所示：

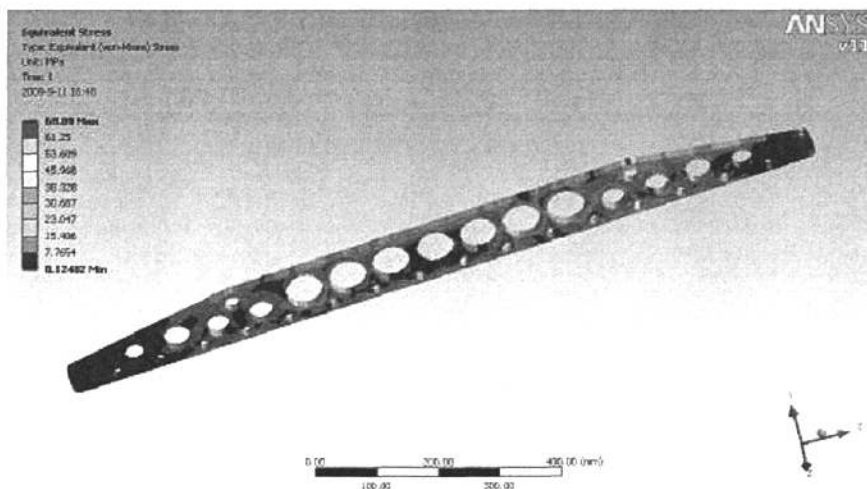


图 3-16 提刀杆横铁应力云图

在最大载荷作用下，连杆的最大等效应力为 68.89MPa，远小于材料屈服强

度，故结构设计满足要求。

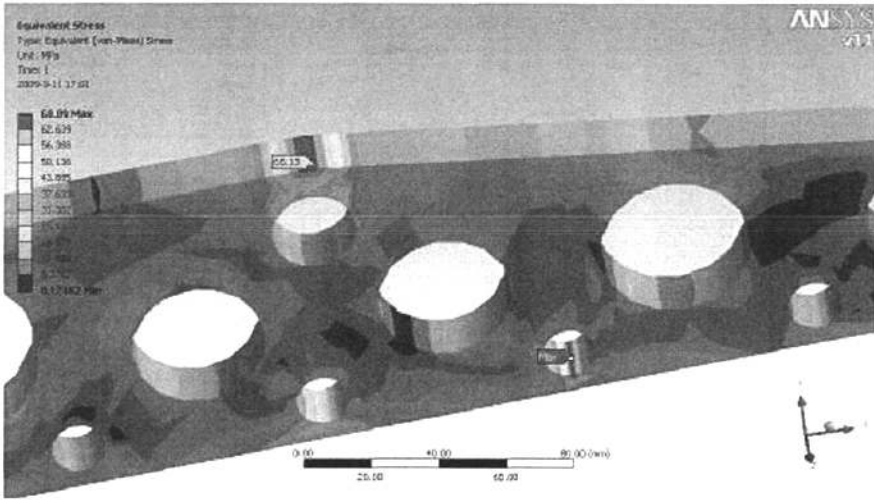


图 3-17 提刀杆横铁局部放大图

由图 3-17 的局部放大图中可知，应力最大出现在大开口端提刀架横铁与提刀架拉杆铰接处。

第四章 电子选针器检测仪研制

§ 4.1 电子选针器检测仪控制原理

在绪论中已经介绍电子提花机的开口主要依靠选针器的电磁铁的吸放来控制提针元件的上下运动而实现的。提花机所用的每个电子选针器都是由 8 个相同的电磁选针单元组成。为实现与主机的信号连接与转换，每个选针器都配备一个控制板^[48]。图 4-1 即为选针器控制板的原理图：

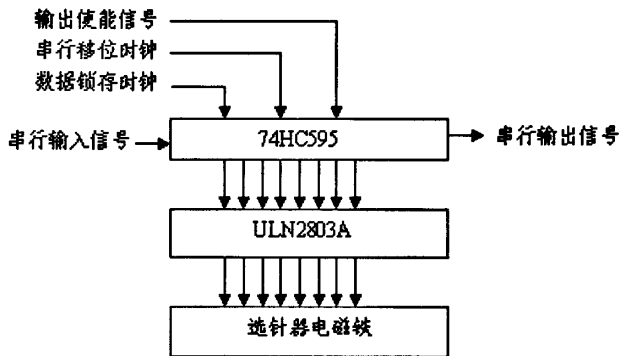


图 4-1 选针器控制板原理图

主机将包含提花信息的串行输入信号发送到选针器控制板的 74HC595 芯片上，74HC595 芯片在主机发出的串行移位信号，数据锁存信号及输出使能信号的控制下，向电子选针器发出并行的控制信号以控制选针器电磁铁的吸合。另外根据需求，控制板还可以向 CPU 发回相应的串行输出信号，用以检测电路的工作情况。

74HC595 是串行信号转并行信号的芯片，具有级连功能。它具有一个 8 位串行输入、8 位串行或并行输出的移位寄存器。移位寄存器在移位时钟的作用下可以接收且同时输出串行信号，这使得芯片级连成为可能，也为检测仪的设计提供了方便。具有三态输出的 D 型存储寄存器，可用来锁存移位寄存器的信号，当使能 OE 为时，存储器的数据信号通过三态门输出到总线。74HC595 的各引脚说明如表 4-1 所示^[49]。因此主机发出的提花串行信号经过 74HC595 后就变成的并行信号，作为选针器电磁铁的驱动信号。

表 4-1 74HC595 管脚功能图

符号	引脚	描述
Q0...Q7	15, 1, 7	并行数据输出
GND	8	地
Q7'	9	串行数据输出
MR	10	主复位（低电平）
SHCP	11	移位寄存器时钟输入
STCP	12	存储寄存器时钟输入
OE	13	输出有效（低电平）
DS	14	串行数据输入
VCC	16	电源

ULN2803 是选针器电磁阀的驱动器件，由八个 NPN 达林顿晶体管组成，其设计与标准 TTL 系列兼容。其芯片内部的 8 个共阴二极管，可以用来吸收感性电流，因此非常适合电磁铁的驱动。每个达林顿管的集电极的最大允许通过电流为 500mA^[50]。据测算，电磁铁吸合时需要的电流大约为 40mA，而 74HC595 的输出并行信号不足以驱动选针器电磁铁的吸合。故选用 ULN2803 作为电流驱动元件控制电子选针器电磁铁的吸合。

§ 4.2 电子选针器检测仪硬件设计

§4.2.1 系统硬件结构

电子选针器检测仪主要实现对选针器电磁阀的状态检测及控制板的回路检测。检测仪硬件系统主要包括 CPU、电源、检测信号输入、选针信号输出及串口通讯。系统图如图 4-2 所示：

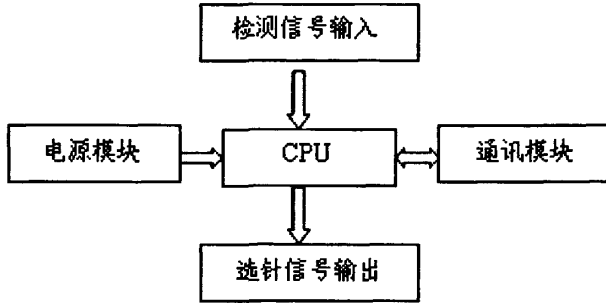


图 4-2 电子选针器检测仪控制框图

§4.2.2 主控 CPU

主控 CPU 作为整个系统核心，主要实现以下几部分功能：

- 1) 负责整个控制系统运行。
- 2) 读取外部按键的输入信号。
- 3) 根据输入信号输出选针器的选针信号。
- 4) 实现与计算机的串行通讯。

单片机是指一个集成在一块芯片上的完整计算机系统。通常包括 CPU、程序存储器、数据存储器、输入/输出接口电路、定时/计数器、中断控制器、模/数转换器、数/模转换器、调制解调器等部件。单片机诞生于 20 世纪 70 年代末，经历了 SCM、MCU、SoC 三大阶段。Intel 公司推出的 MCS51 内核在历经 30 多年后，已成为了单片机领域事实上的工业标准。许多著名 IC 厂商如 PHILIPS, ATMEL, OKI, NEC, ST, SHARP, ADI, TI, SST, WINBOND 等都在生产 MCS51 内核的单片机^[51]。

根据系统要求及对对片上资源的比较，选用宏晶公司生产的 STC89 系列单片机。如图 4-3 所示：

型号	最高时钟频率		Flash 存储器容量	RAM 数据存储容量	看门狗	并行 I/O	P	I	EEPROM	串行 I/O	串行 I/O	串行 I/O	A/D	向、北各 Pinhead	向下 Pinline	向上 Pinrel	
	5V	3V															
STC89C01 MC	0-8M		2K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89C02 MC	0-8M		8K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89C03 RC	0-8M		12K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89C04 MC	0-8M		15K	1280	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89C05 MC	0-8M		52K	1280	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89C16 RD+	0-8M		62K	1280	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E01 RC	0-8M		2K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E02 RC	0-8M		8K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E03 RC	0-8M		14K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E04 RD+	0-8M		15K	1280	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E05 RD+	0-8M		52K	1280	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E01SD	0-8M		52K	1280	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E01SD	0-8M		52K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
STC89E0132	0-8M		64K	512	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

图 4-3 STC89 系列产品选型图

考虑到芯片的价格及程序容量，选用 STC89C52 作为主控 CPU。该单片机的最高工作速度可达 80M，拥有 4 个 8 位的并行端口、8K 的 Flash 存储器及 512B 的 RAM 数据存储，内置 ISP 引导码，支持 ISP 编程。其看门狗为真正的看门狗，缺省为关闭，启动后无法关闭，可以省去外部看门狗，内部的 Flash 擦写次数可达 100,000 次以上。具体引脚如图 4-4 所示^[52]。

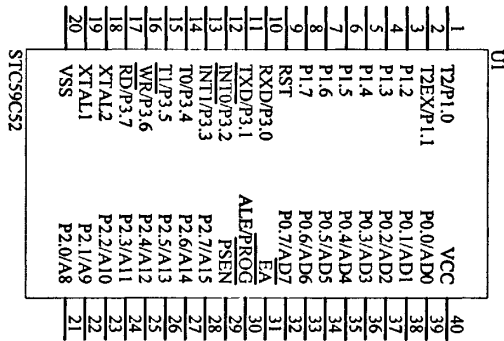


图 4-4 STC89C52 引脚图

为防止外部干扰影响单片机的正常工作，在电源两端加上两个大小为 0.001 μ f 的滤波电容。复位是单片机的初始化操作，可分为上电自动复位和手动复位。手动复位又有电平方式和脉冲方式两种，电路中采用手动电平复位。选用 11.0592M 的晶振作为外部时钟输入。如图 4-5 所示，两个引脚分别与单片机的

XTAL1 脚和 XTAL2 脚步相连。在晶振两端同时连接两大小为 30pF 的负载电容，用以控制晶振的谐振频率和输出幅度。

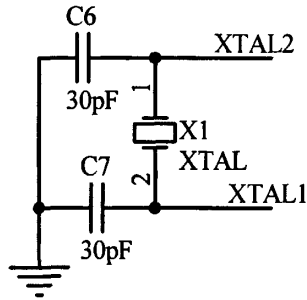


图 4-5 晶振电路

§4.2.3 电源模块

稳定可靠的电源模块在整个系统中起着至关重要的作用，稳压电源主要有两种：线性稳压电源和开关电源^[53]。

线性稳压电源设计简单，且具有良好的纹波及动态响应特性。但同时也存在耗损大，效率低，过载能差等缺点。

开关电源电路功耗小，效率高且稳压范围宽，由于滤波效率的提高，滤波电容的容量和体积大大增加，且其存在严重的开关干扰。

单片机的正常工作电压为 5V，而电磁阀的正常工作电压为 15V。选用输出为直流 15V 的开关电源作为电源输入并对电磁阀直接供电。选用 L7805 三端稳压芯片实现 15V 到 5V 的电压转换。L7805 具有内部限流、过热保护功能，只要散热条件足够好，负载电流可以达到 1.0 A 以上^[54]。本次设计中，选针器的电磁阀由 ULN2803 驱动，由于流经 L7805 的电流远小于 1A，选型满足设计要求。电源模块电路图 4-6 所示：

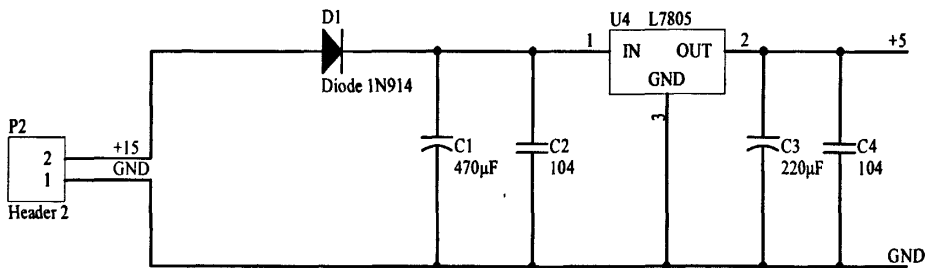


图 4-6 电源模块电路

在电路中并联电容 C1、C2、C3、C4 用于滤波，使电压更加“平滑”。另外，在 L7805 的输入端加入二极管，以防止电源极性接反时将芯片烧坏。

§4.2.4 检测信号输入模块

选针器检测输入信号模块主要包括控制板的回路检测和电磁阀的状态检测。状态检测又包括选针器的 1、3、5、7 吸合，2、4、6、8 吸合及全吸合三个状态。设计两个按键分别与单片机的两个中断输入口 INT0 和 INT1 相连。按键 1 用来检测回路，按键 2 用来检测状态，按键 2 按不同的按键次数分别表示上述三种不同的状态。其电路图如图 4-7 所示：

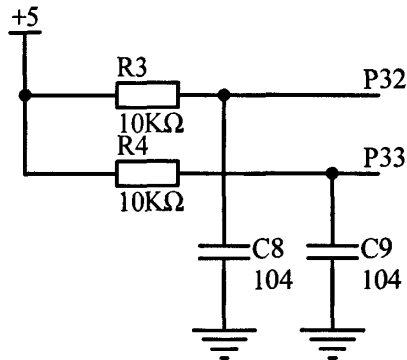


图 4-7 按键电路

本设计中采用的开关为机械弹性开关。由于机械触点的弹性作用，按键开关在闭合与接通时存在延时，从而引起闭合及断开瞬间的一连串的抖动，通常抖动时间为 5ms ~ 10ms，如图 4-8 所示：

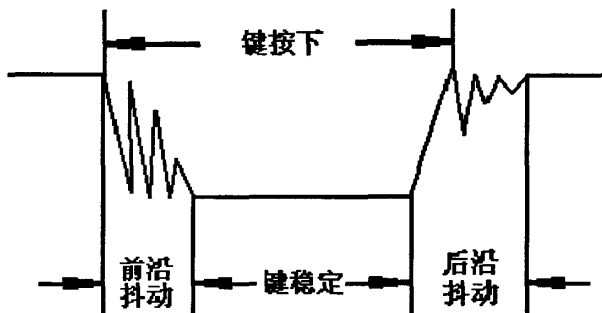


图 4-8 按键抖动示意图

这种抖动的存在会使 CPU 对按键次数造成误读，为确保 CPU 对按键做出正

确的响应，必须去除按抖动。常用按键去抖方式包括硬件去抖和软件去抖两种，由于本设计按键较少，所以采用硬件去抖。其原理为利用两个“与非”门构成一个RS 触发器，当按键按下时，即使按键因弹性抖动而产生瞬时断开，由于按键没有回复原始触点，双稳态电路的状态不改变，即输出状态不变^[55]。图 4-9 即为硬件去抖电路：

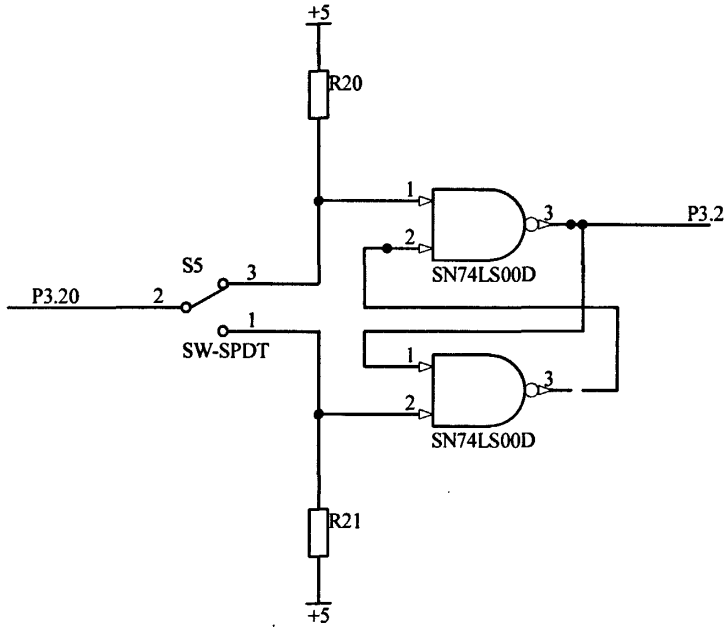


图 4-9 硬件去抖电路

§4.2.5 选针信号输出模块

为了使选针器控制板上 74HC595 得到正确的信号，将主控单片机 STC89C52 中输出的移位寄存器时钟信号、串行数据输入信号、使能端输出信号经 74HC14 整形后输出。74HC14 是六反相施密特触发器集成电路，其基本作用就是反相器，其输出为标准的 TTL 电平^[56]。如图 4-10 所示，将串行数据输出信号、15V 电压及上述信号一起连到 14 针的接插座上用于和选针器控制板相连。其中 2 脚连串行信号输入，5 脚用于串行信号输出，7 脚接并行口的输出使能，9 脚接串行移位时钟。

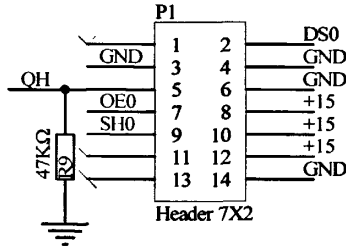


图 4-10 74HC14 引脚接线图

在选针器检测仪的控制面板上安装指示灯用以显示不同的检测状态,方便用户现场使用。控制信号由单片机的 I/O 口直接发出且为低电平使能。控制面板按键及指示灯如图 4-11 所示:

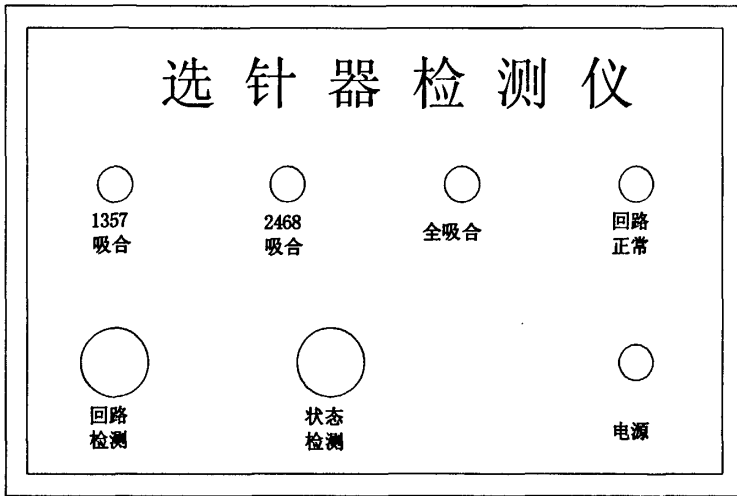


图 4-11 检测仪操作面板图

此外,设计蜂鸣器电路用以输出回路检测结果,用以在检测过程中产生相应的提示信息,如图 4-12 所示,

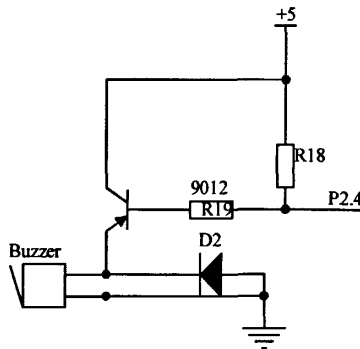


图 4-12 蜂鸣器电路

选用一个供电电压为 5V 的蜂鸣器，通过 PNP 三极管 9012 放大驱动。9012 在 25℃ 时，集电极和基极之间可承受 40V 以内的电压，集电极电流可达 0.5A。二极管用于泄放蜂鸣器在关闭时产生的感应电动势。

§4.2.6 串口通讯模块设计

串行通讯采用 RS232C 标准。它是由电子工业协会(Electronic Industries Association, EIA) 所制定的异步传输标准接口。通常 RS-232C 接口以 9 个引脚 (DB-9) 或是 25 个引脚 (DB-25) 的型态出现，现在电脑串口为 9 针引脚。在通信速率低于 20kb/s 时，RS-232C 所直接连接的最大物理距离为 15m^[57]。在计算机的串行通讯中主要使用如下信号：

数据传送信号：

发送数据 (TXD)

接收数据 (RXD)

调制解调器控制信号：

请求发送 (RTS)

清除发送 (CTS)

数据通信设备准备就绪 (DSR)

数据终端设备准备就绪 (DTR)

定位信号

接收时钟 (RXC)

发送时钟 (TXC)

信号地 (SG) 与保护地 (PG)

除信号定义外，RS232C 标准还有以下规定：

RS-232C 是一种电压型总线标准，以不同极性的电压表示逻辑值：

-3V~-25V 表示逻辑 “1”

+3V~+25V 表示逻辑 “0”

标准数据的传送速率有 50、75、110、150、300、600、1200、2400、4800、9600、19200 波特等。

宏晶科技推出的 51 单片机的一大特点就是内置 ISP 程序，可以通过 UART

串行通讯对单片机进行编程，无需额外购买烧录器，降低了开发成本。本系统中设计的相应的通讯模块，用以程序的在线调试。

本单片机的输入输出均为 TTL 电平，与普通 PC 机配置的 RS-232C 标准串行接口的电气标准不一致。选用 MAX232 芯片进行电平转换，串口通讯模块如图 4-13 所示：

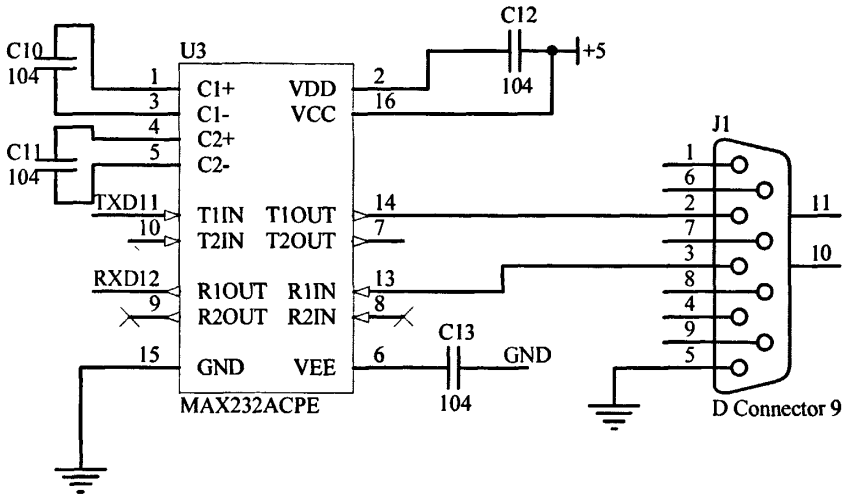


图 4-13 串口通讯接线图

MAX232 芯片是美信公司专门为电脑的 RS-232 标准串口设计的接口电路，使用+5V 单电源供电。C10, C11, C12, C13 用于芯片内部电平转换，最后产生 +12V 和 -12V 两个电源，提供给 RS-232 串口电平的需要。芯片将从 T1IN、T2IN 输入的 TTL/CMOS 数据转换成 RS-232 数据并从 T1OUT、T2OUT 输出。同时将 R1IN, R2IN 输入的 RS-232 数据转换后 TTL/CMOS 数据后经 R1OUT、R2OUT 输出。将 STC89C82 的发送引脚 TXD 与 MAX232 的 T1IN 相连，接收引脚 RXD 与 R1OUT 相连，同时将 PC 端接口 DB9 的发送引脚 TXD 与 R1IN 相连，接收引脚 RXD 与 T1OUT 相连^[58]。这样单片机就可以和 PC 机进行串口通讯了。

为了减少通讯过程中的外部干扰，保证通讯质量，通常在芯片的电源端和接低端接入一个去耦电容，大小为 0.1µF。如图 4-14 所示：

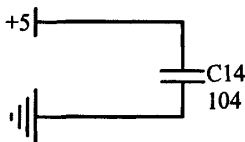


图 4-14 去耦电容示意图

§ 4.3 选针器检测仪软件设计

§4.3.1 μ Vision3 集成开发环境概述

μ Vision3 是德国 Keil Software 公司推出的是一款可用于多种 8051MCU 的集成开发环境。它集成项目管理器、CX51 编译器、AX51 宏编译器、BL51/Lx51 连接定位器、RTX51 实时操作系统、Simulator 软件模拟器以及 Monitor 硬件目标调试器等，生成的程序代码运行速度极高，所需要的存储空间极小，完全可以和汇编语言相媲美^[59]。

§4.3.2 软件设计主体框架设计

将一次按键作为一次中断任务，系统初始化后就进入等待中断状态，当外部出现中断后即执行相应的中断程序，其框图如图 4-15 所示：

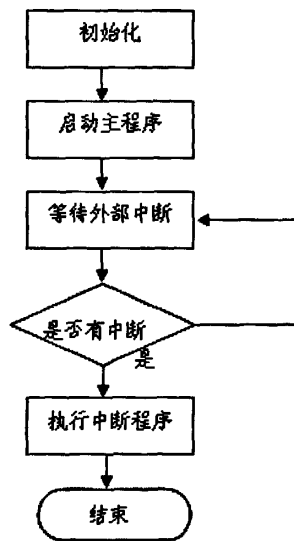


图 4-15 程序控制框图

§4.3.2 控制任务设计

首先定义字符长度和单片机 P 口位操作以方便编程^[60]，具体如下：

```

typedef unsigned char uint8;
typedef unsigned int uint16;
sbit DS=P1^7; //串行数据输入
  
```

```

sbit SH=P1^6;           //时钟输入移位寄存器
sbit ChipOn=P1^5;      //输出使能
sbit Qh=P1^4;          //串行数据输出 Q7'
sbit CheckFlag=P3^3;   //回路检测
sbit SwitchFlag=P3^2;  // 状态检测
    
```

1) 主程序

当系统初始化后，程序即进入循环以等待外部中断，结构如下：

```

Main ()
{
    ...
    While (1)
    {
        Check ();
    }
}
    
```

2) 外部中断检测

首先检测哪个按键已按下，然后对按键的不同情况做出判断，并且调用相应的子程序。流程图如下图 4-16

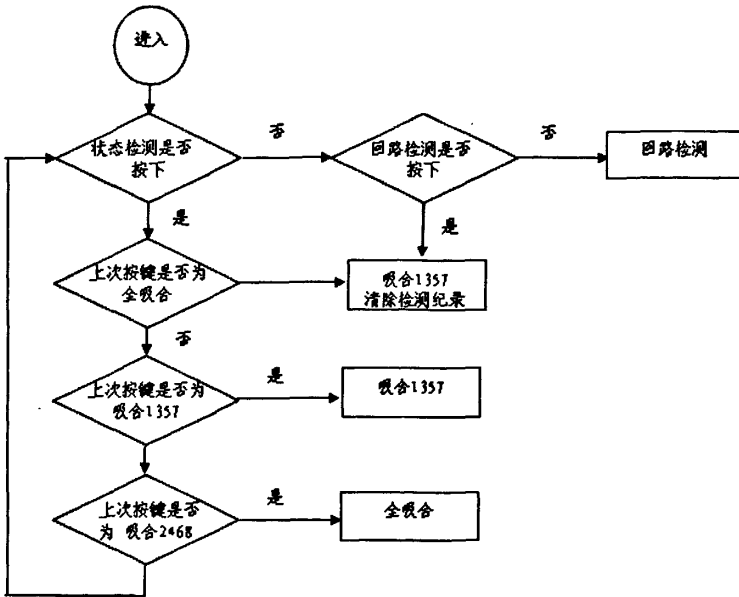


图 4-16 外部中断流程图

3) 发送数据至 74HC595

每次执行中断任务时，先将单片机的串口信号锁存到 74HC595 中。具体操作作为首先关闭 75HC595 的输出使能，然后将来自单片机的串行信号按位送入移位寄存器中。74HC595 的功能如表 4-2 所示：

表 4-2 74HC595 功能表

输入					输出		功能
SH _{CP}	ST _{CP}	OE	MR	D _S	Q7'	Q _n	
×	×	L	↓	×	L	NC	MR 为低电平时仅仅影响移位寄存器
×	↑	L	L	×	L	L	空移位寄存器到输出存储寄存器
×	×	H	L	×	L	Z	清空移位寄存器，并行输出为高阻状态
↑	×	L	H	H	Q ₆ '	NC	逻辑高电平移入移位寄存器状态 0，包含所有的移位寄存器状态移入
×	↑	L	H	×	NC	Q _n '	移位寄存器的数据送入存储寄存器且并行输出
↑	↑	L	H	×	Q ₆ '	Q _n '	移位寄存器内容被替换，先前的移位寄存器的内容送入存储寄存器且并行输出。

其程序结构如下：

```

void Send(uint8 checkdata)           //发送数据至 74HC595
{
    ...
    ChipOn=1;                        //关闭输出使能
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        DS=(checkdata&0x01);        //按位提取数据并存入存储寄存器中
        ...
    }
}

```

4) 回路检测

前文已经提到 74HC595 的 Q7'脚用来串行数据输出，为了检测选针器控制板的回路是否正常，我们不妨不断地向控制板发送“0”，然后检测 Q7'返回的数

据是否为“0”，如果是，那就说明回路正常。如果要同时检测多个选针器，我们只需要在制作扁平线时将上一个选针器的串行数据输出线接到下一个选针器的串行数据输入线从而形成级连即可。其程序结构如下：

```
void CheckBack()                //回路检测
{
...
    Send(0x00);                //向控制板发送 8 个 0
...
    if(Qh==0)                  //判断串行输出是否为零
    {
        ...
    }
}
```

此外，程序中还包括 1、3、5、7 针电磁阀吸合子程序，2、4、6、8 针电磁阀吸合子程序及全部电磁阀吸合子程序等，限于篇幅，不再赘述。

§ 4.4 程序调试及烧录

§4.4.1 程序调试

μ Vision3 内置 Debug 程序调试模块，单击 Debug 菜单的 Start/Stop Debug Session 选项即可启动 Debug 开始调试。在调试过程会自动对语法进行检查，可

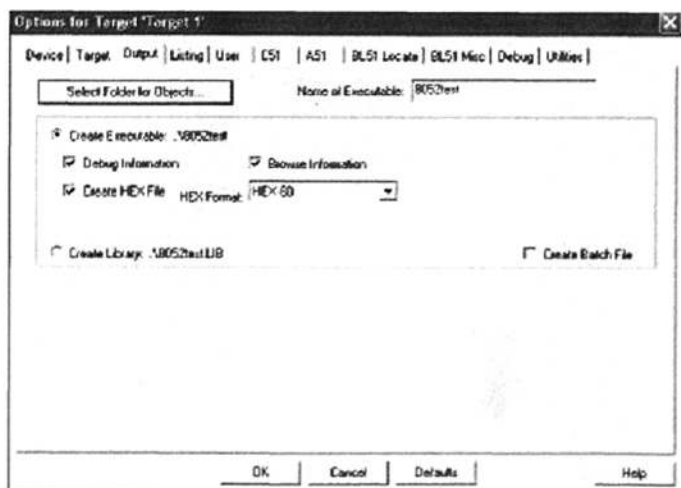


图 4-17 输出文件设置对话框

打开不同的寄存器窗口来监视程序的运行。当确认程序无误后，点击 Project 菜单下的 Option for Target 选项的 Output 页即可出现如图 4-17 所示界面。勾选 Create HEX File 这一项并且选择类型为 HEX-80，这样下次运行程序时即可得到烧录所需的 .HEX 文件。

§4.4.2 程序烧录

硬件部分已经设计了串口通讯模块设计，因此只需用串口线将目标板与电脑串口相连即可进行相关程序的烧录。串口线用最简单的三线型连接即可，即一根地线，两个数据收发线，这也是进行全双工通信的最少数目线路。宏晶公司在其官方网站提供相关烧录程序下载，界面如图 4-18 所示。首先在 MCU Type 选项中选择正确的单片机类型，本设计选用 STC89C52。其次点击打开程序文件，导入 .HEX 文件。第三步为选择正确的 COM 口及合适的波特率，最后给目标板上电，再点击下载按钮即可实现程序的烧录。在信息区中有下载信息的提示。利用此软件可以对单片机进行反复擦写，效率极高。

在烧录过程中，如果出现失败，可以考虑将串口通信速度降低再试，当供电电源偏低和环境干扰过大时，必需选择较低波特率。

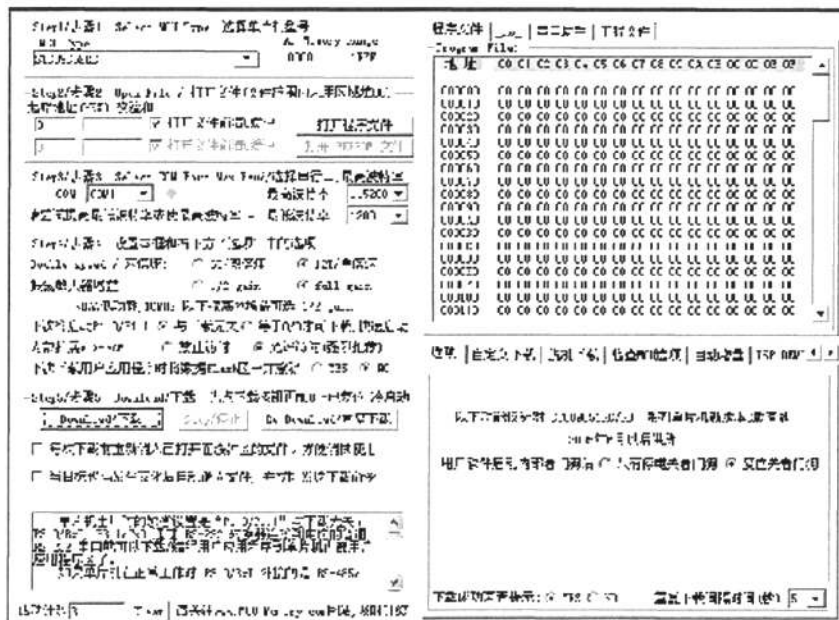


图 4-18 程序烧录界面

§ 4.5 系统测试

将选针器检测仪实验板连接上各种按钮及指示灯后通过扁平线与选针器控制板相连。电源接通后，按下回路检测按钮后，电磁阀全部吸合，指示灯闪烁。释放回路检测按钮，按下状态检测按钮，每按一次，不同的电磁阀作吸合运动，同时相应的指示灯点亮。整个系统符合设计要求，目前已经应用于实际工程中。

第五章 电子提花机传动系统安装

§ 5.1 主要部件装配

§5.1.1 主动同步带轮装配

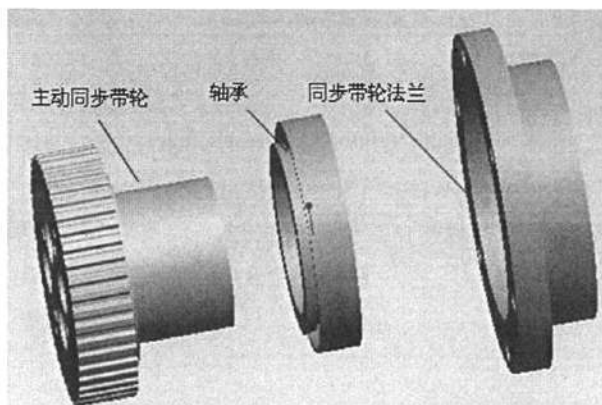


图 5-1 主动同步带轮爆炸图

图 5-1 所示为主动同步带轮的爆炸图。主动同步带轮及轴承通过同步带轮法兰固定到机架上。在机架的两侧各装一对上述主动带轮并通过主轴连接。

§5.1.2 连杆装配

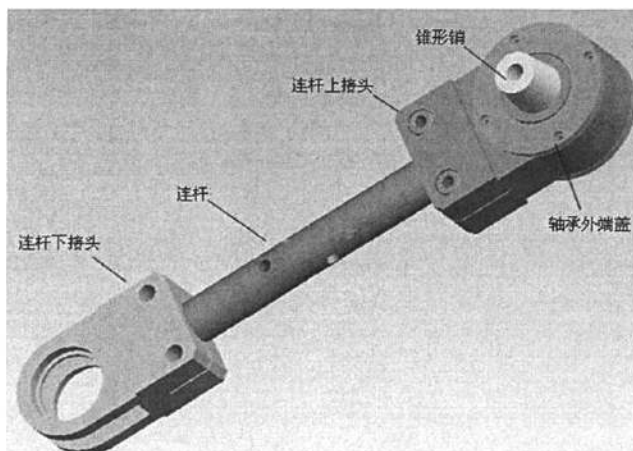


图 5-2 连杆装配图

图 5-2 为连杆装配。连接与上、下接头通过螺纹联接。同时利用连杆上接头的锥

形销与从动同步带轮上的螺孔联接。

§5.1.3 从动同步带轮连杆装配

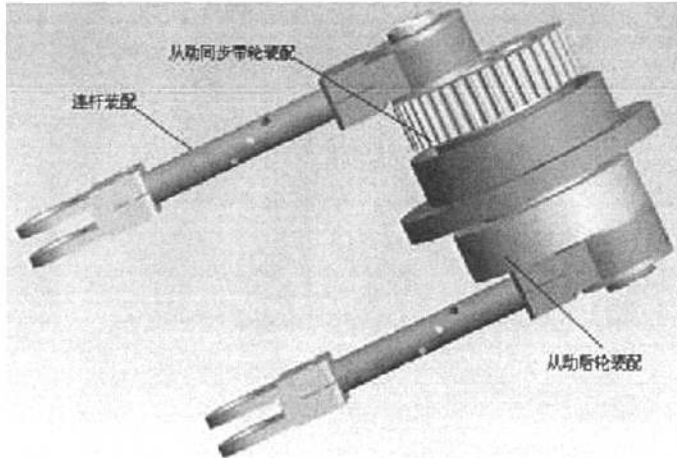


图 5-3 从动同步带轮连杆装配图

从动同步带轮及从动后轮的装配与主动同步带轮类似。在装配时应注意从动同步带轮与从动后轮上的连杆应呈 180° 布置以保证提证内外提刀架的上下运动方向相反且周期差为 180° 。

§5.1.4 张紧轮装配

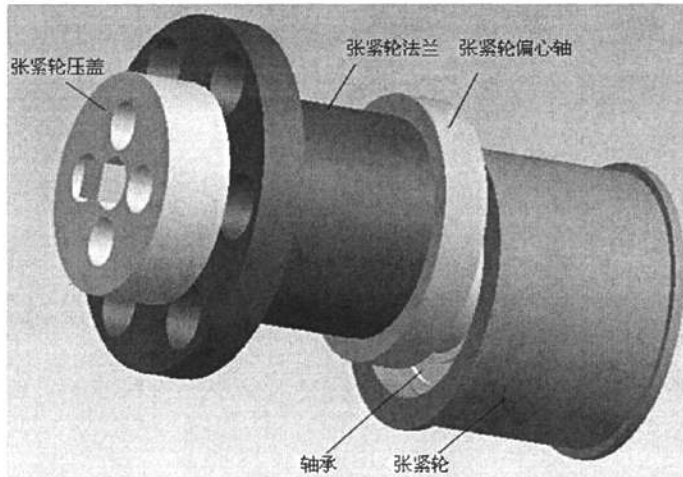


图 5-4 张紧轮装配

图 5-4 为张紧轮装配图，由张紧轮压盖、张紧轮法兰、张紧轮偏心轴、轴承及张紧轮等组成。

§ 5.2 电子提花机传动系统实样

图 5-5 为电子提花机传动系统实样。

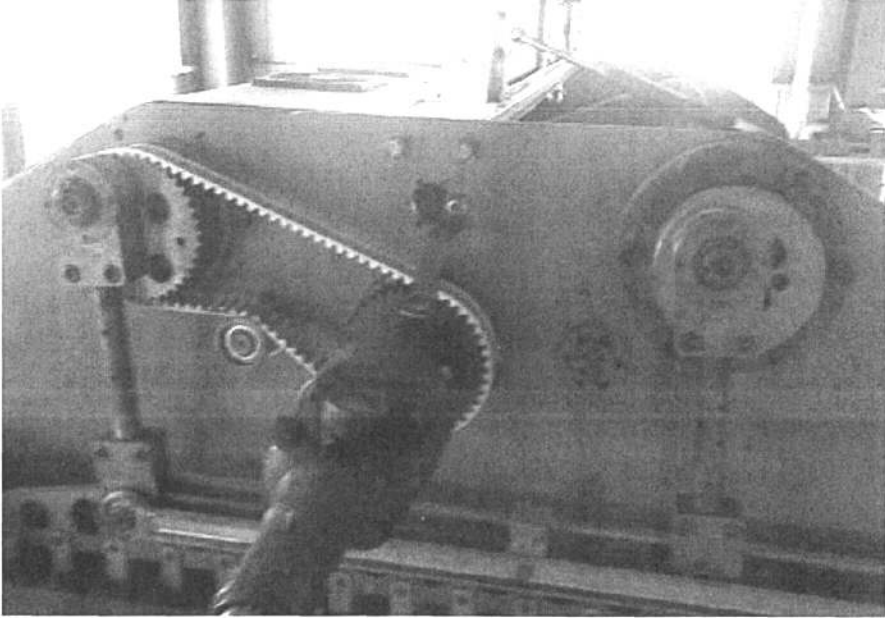


图 5-5 电子提花机传动系统实样

第六章 总结与展望

为避开现在电子提花机传动系统的专利保护,提高电子提花机现场安装的工作效率及降低后期故障检查成本,本文进行了电子提花机传动系统及选针器检测仪的研制,主要完成了以下工作:

1) 通过分析国内外提花织造技术的研究现状,比较现有提花机的传动系统,提出了利用同步齿形带作为动力输入机构。

2) 论证了设计方案,详细设计了同步齿形带的传动机构,包括同步带的选型、同步带轮的设计及同步齿形带传动的张紧。设计了连接同步带轮与提刀架横铁的曲柄连杆机构并利用矢量法对其进行动力学分析。利用 Matlab 对分析结果进行输出,验证设计的合理性。

3) 建立了提花机传动系统的虚拟样机。利用虚拟样机分析软件 ADAMS 对其进行动力学分析,分析出各构件的最大受力点,为构件的优化设计提供指导。同时输出主轴所受扭矩曲线,为电机选型提供依据。

4) 根据 ADAMS 分析出的最大受力点,利用 ANSYS 对构件进行静力学分析,进一步验证构件设计的合理性。

5) 根据电子选针器的原理,设计出电子选针器检测仪,包括原理图设计及相应的软件设计并完成整个检测仪的调试工作。

6) 完成电子提花机传动系统的现场调试。

由于作者水平有限,在完成本论文所述工作后发现本传动系统仍有不少地方需要深入研究和完善:

1) 本传动系统对于提刀架与电子选针器的安装精度非常敏感,微小的误差会带来较大的竖直方向的作用力,不利于电机的正常工作。

2) 电子选针器检测仪在检测单个选针器时效果很好,但在检测电子提花机龙头上整排选针器时,只能得知整排工作是否正常,不能确定具体是哪一个选针器出了问题。在后续的研究中应该更多考虑控制策略,使其更加实用。

参考文献

- [1] 刘向阳. 我国纺织机械综述[J]. 天津纺织科技, 2008, 01: 11-15
- [2] <http://www.ccidreport.com/report/content/14/200811/102980.html>
- [3] 王义深, 舒德程. 中小型纺织企业现行状况与发展前景[J]. 山东纺织经济, 2009, 05: 52-56
- [4] Enfu Fu . The Import and Export Market of China Textile Machinery[J]. International Textile Bulletin, 2009, 04: 18-22
- [5] 陈日标, 杨高举. 中国纺织服装市场秩序: 基于博弈论的过度竞争分析[J]. 浙江社会科学, 2009, 09: 51-57
- [6] 赵明霞. 2008 年我国纺织行业经济运行情况及 2009 年形势展望 [J]. 江苏纺织 A 版, 2009, 02: 5-6
- [7] Krau , Wolfgang . More Performance in the Building of Textile Machinery[J]. Coating, 2009, 05: P12-15
- [8] P Banfi . The Italian Textile Machinery Industry [J] . MELLIAND INTERNATIONAL, 2006, VOL13: 71-73
- [9] Tonini C. The Tailors of Textile Machinery [J]. SELEZIONE TESSILE , 2008, 01: 56-61
- [10] 谢真. 剑杆织机电送经系统与控制算法的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006
- [11] 王树田. 纺织机械行业的回顾与思考[J]. 纺织机械, 2009, 03: 6-7
- [12] Patel.C. Asia Demand Italian machinery drives [J]. Textile Horizons, 2005, 02: 88-96
- [13] 李志祥等. 电子提花技术与产品开发[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2000
- [14] 王凯东. 我国纺织发展历史回顾与未来展望[J]. 天津纺织科技, 2007, 02: 2-4
- [15] 温倩, 赵利明. 试论国产提花机的技术改造及发展方向[J]. 棉纺织技术, 2003, 10: 51
- [16] 李岩, 高速电子提花机的研制[D]. 大连: 大连轻工业学院, 2005: 2-3
- [17] 李志祥. 高速提花机与电子提花技术[M]. 杭州: 浙江科技出版社, 1993

- [18] Bhattacharjee p, Chatterjee A, Computer Aided Design and Automated System for Card Generation for a Jacquard Loom Used in the Production of Baluchari Saree [J]. Journal of Institution of Engineer, 2003, 02: 34-40
- [19] Mathur, kavita, Towards automation of color/weave selection in Jacquard design [J], Coloration Technology, 2008, 02: 48-55
- [20] Simon De Meulemeester, Patrick Puissant.Three-dimensional Simulation of Dynamic Yarn Behavior on Air-Jet Looms[J]. Textile Research Journal, 2008, 09: 52-61
- [21] 刘清波. 基于 CAN 总线的纺织企业生产管理系统研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004: 11-12
- [22] 蒋秀明等. 复动式开口提花刀箱传动机构分析[J]. 纺织学报, 1995, 12: 6-7
- [23] Lee J H, Warp Break Detection in Jacquard Weaving Using MEMS [J]. Journal of Textile Institute, 2007: 275-280
- [24] 李立. BONAS 电子提花机原理分析及探讨. 纺织导报[J], 1999, 24: 42-46
- [25] 李志祥. BONAS 电子提花机原理的分析[J]. 浙江丝绸工学院学报, 1992, 06: 71-76
- [26] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001:160-161
- [27] 机械设计手册[M].化学工业出版社,第二版,1987:244-256
- [28] 曹岩, 赵汝嘉. SolidWorks 2003 精通篇[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 109-209
- [29] <http://mulco.gwj.de/en/index.htm>
- [30] 孙恒, 陈作模. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 19-22
- [31] 刘钢, 陈宗农. 基于层次式有限状态机的织造控制任务设计[J]. 纺织学报, 2008, 08: 106-107
- [32] 朱瑞林, 朱国林. 双曲柄机构的运动分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2009, 06: 52-56
- [33] 罗玉军. VB 环境下的双曲柄滑块机构运动分析[J]. 广西工学院学报, 2008, 03: 51-53

- [34] Tomohiro Amemiya, Ichiro Kawabuchi, Hideyuki Ando etc. Double-layer Slider-crank Mechanism Generate Pulling or Pushing Sensation without External Ground[J]. Proceedings of the 2007 IEEE, 2007, 11: 125-131
- [35] 哈工大理论力学教研组. 理论力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997: 1-2
- [36] Frederick P Brook, Jr. What's real about Virtual Reality [J]. IEEE Computer Graphics and Application, 1999, 11: 16-27
- [37] 江磊. 基于虚拟样机的蜗杆传动 3D 建与动学仿真技术[D]. 成都: 四川大学, 2006: 41-49
- [38] Flores P. Teaching Kinematics and Dynamics by Using Virtual Reality Capabilities [J], COMPUTATIONAL VISIOSN AND MEDIACAL IMAGING PROCESSING, 2008: 341-345
- [39] 陈立平, 张云清, 任卫群. 机械系统动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 108-132
- [40] 郑建荣. ADAMS 虚拟样机技术入门与提高[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 56-177
- [41] Mechanical Dynamics Inc. Road Map to ADAMS/View Documentation[R], 2000: 1-9
- [42] Andrew Pytel. Jaan Kiusaiaas. Engineering Mechanics DYNAMICS [M] . 2nd ed. 北京: 清华大学出版社, 2001: 52-96
- [43] 刘小平, 郑建荣, 朱治, 顾秀兰. SolidWorks 与 ADAMS/View 之间的图形数据交换研究[J]. 机械工程师, 2003, 12: 26-28
- [44] 胡国良, 任继文, 胡国良. ANSYS 11.0 有限元分析入门与提高[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 13-70
- [45] 小飒工作室编. 最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程. 北京: 电子工业出版社, 2004: 1-23
- [46] 郝钟雄. ANSYS 与 CAD 软件的接口问题研究[J]. 机械设计与制造, 2007, 07: 75-77
- [47] 田文涛, 贺小华. SolidWorks 与 ANSYS 软件数据交换文件应用研究[J]. 现代制造工程, 2008, 07: 43-46

- [48] 朱新杰. 面向网络的新型电子提花控制系统的研究与开发[D]. 杭州: 浙江大学, 2003
- [49] Philips Semiconductors. 74HC/74HCT595 8-Bit Serial-inSerial or Parallel-out Shift Register with Output Latches 3-State , DATASHEET
- [50] MOTOROLA . ULN2803/ULN2804 Octal High Voltage High Current Darlington Transistor Arrays , DATASHEET
- [51] 李广弟, 朱月秀, 王秀山. 单片机基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001
- [52] 宏晶科技. STC89C51RC/RC+系列单片机中文指南
- [53] <http://baike.baidu.com/view/854431.html?wtp=tt>
- [54] ST.L78XX/L78XXC Positive Voltage Regulators DATASHEET
- [55] 张文, 张道正. 基于 VHDL 的乒乓游戏机设计[J]. 高师理科学刊, 2009, 01: 15-18
- [56] INTEGRATED CIRCUITS 74HC14/74HCT14 Hex Inverting Schmitt Trigger , DATASHEET.
- [57] <http://baike.baidu.com/view/982843.html>
- [58] MAXIM. RS232ACPE +5V-Powered Multichannel RS-232 Drivers/Receivers , DATASHEET
- [59] 徐爱钧, 彭秀华. Keil Cx51 V7.0 单片机高级语言编程与 μ Vision2 应用实践[M]. 北京: 电子工业出版社 2004, 04: 1-2
- [60] 童长飞. C8051F 系列单片机开发与 C 语言编程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005: 11-20

作者简介及在学期间所取得的科研成果

王钢飏 浙江诸暨人，1984年4月生。主要从事纺织机械结构设计。

王钢飏、吴菁、陈宗农、陈天丰.《基于伺服电机的电子开口机构》[J].
纺织学报, 2009.12:117-120