

目录

| | |
|----------------------|----|
| 摘 要 | I |
| Abstract | II |
| 引 言 | 1 |
| 1 五轴抛光机 | 2 |
| 1.1 抛光技术发展概述 | 2 |
| 1.2 抛光设备的发展 | 2 |
| 1.3 主要研究内容 | 8 |
| 1.4 设计成果部分 | 9 |
| 1.5 本章小结 | 10 |
| 2 五轴抛光机整体设计方案 | 11 |
| 2.1 整机结构及功能概述 | 11 |
| 2.2 机床主要技术参数 | 12 |
| 2.3 传动机构设计 | 13 |
| 2.3.1 电机的选择 | 13 |
| 2.3.2 滚珠丝杠的选择 | 13 |
| 2.3.3 机床主电路的设计 | 19 |
| 2.3.4 机床控制电路设计 | 20 |
| 2.4 本章小结 | 22 |
| 3 五轴抛光机建模及图纸 | 23 |
| 3.1 三维建模 | 23 |
| 3.2 总装模型 | 27 |
| 3.3 本章小结 | 28 |
| 结 论 | 29 |
| 参考文献 | 31 |
| 致 谢 | 34 |

摘 要

中国的抛光技术在 21 世纪日渐成熟，伴随着科学的逐步发展，用于军事领域、航空航天领域、计算机等高科技产品领域的特殊材料需求表面质量越来越高，对人们日常生活的影响也越来越大。目前来看国内抛光技术正在逐步发展壮大，在装备制造业方面抛光技术略有欠缺，在抛光技术起步初期国内主要采用人工打磨，这种抛光方法速度慢、工期长、效率低、生产精度差异大，无法保证产品的抛光质量。在市场需求下，国内的各大企业开始不断的深入研究抛光原理、升级抛光技术、提高抛光质量来满足市场的需求。

现在看世界上应用最广泛的研磨抛光技术应该是机械抛光，机械抛光速度快、效率高、抛光质量稳定、精度高。本文研发设计的五轴抛光机具有抛光数控操纵系统和夹持装置，使抛光工件在数控系统的控制下抛光质量更加稳定和精确，同时也能确保操作过程中操作人员的安全，可完全替代手工抛光作业。

本文设计的五轴抛光机采用了五轴联动的设计，由三个直线进给轴和两个回转轴组成，针对抛光工件不同的外型、细节和工件加工对工艺的特殊要求，来确定机床的三个进给轴和两个回转轴的运动轨迹，并对干涉轨迹进行规划，合理的选择最佳抛光轨迹，编写数控抛光程序进行抛光。最终通过机床实验，验证整机性能，完成设计方案。

关键词：抛光机；结构设计；五轴联动；轴

Abstract

Chinese polishing technology is maturing in the 21st century. With the gradual development of science, the surface quality of special materials used in the fields of military, aerospace, computers and other high-tech products is getting higher and higher, and the impact on people's daily life is also increasing. At present, domestic polishing technology is gradually developing and growing, and polishing technology is slightly deficient in equipment manufacturing industry. At the initial stage of the polishing technology, China mainly used manual polishing. This polishing method has a slow speed, a long construction period, low efficiency, and a large difference in production accuracy, which cannot guarantee the polishing quality of the product. Under the market demand, major domestic enterprises have begun to deeply study polishing mechanism, innovate polishing technology and improve polishing quality to meet the market demand.

At present, the most widely used grinding and polishing technology in the world should be mechanical polishing. Mechanical polishing has fast speed, high efficiency, stable polishing quality and high precision. The five-axis polishing machine developed and designed in this paper has a polishing numerical control operation system and a clamping device, so that the polishing quality of the polished workpiece is more stable and accurate under the control of the numerical control system. At the same time, it can also ensure the safety of operators in the operation process. It can completely replace manual polishing operation.

The five-axis polishing machine designed in this paper adopts a five-axis linkage design, which consists of three linear feed shafts and two rotating shafts. According to the different shapes and details of polished workpieces and the special requirements of workpiece processing on the process, the motion trajectories of the three feed shafts and the two rotating shafts of the machine tool are determined, the interference trajectories are planned, the best polishing trajectory is reasonably selected, and the numerical control polishing program is written for polishing. Finally, through the machine tool experiment, the

performance of the whole machine is verified and the design scheme is completed.

Keywords: polishing machine; structure design; five-axis linkage; shaft

引 言

随着社会的逐步发展金属材料应用广泛，人类的生活也与金属密切相关，现如今金属材料在我们日常生活和学习中随处可见，第一，因为金属材料自身包含着非常大的可变潜力，现如今加工技术发展迅猛，金属材料也就随着加工技术的发展和不断创新被不断地修饰，从而金属材料所表现出来的形式也就各种各样，第二，金属材料的特点有很多，比如它的冲击韧性、金属美观性、可塑性和可再利用性，这些金属特性使金属材料的应用越来越广泛，同时也符合当下时代的节约环保的发展理念，并且金属材料在日常生活中可以回收利用，达到零污染的效果。如今的金属材料已经从矿石中提取的单一成分逐渐的演变出具有多种金属材料混合的合金金属。现在人们生活学习中总是会用到的电子通信设备，手机、电脑等电子产品都具有金属外壳。还有人们日常生活中所驾驶的汽车也采用了高强度金属外壳。金属材料应用的领域越来越广泛，在生活中的各个方面都影响着新时代社会的发展进步。

金属矿石从被开采出来，再经过提炼金属，然后加工成型投入市场销售，在这过程中金属材料需要经过很多步的工艺过程。在机械加工这一环节可细分为五大类:钻削、车削与镗孔、铣削、磨削和牛头刨法。从目前的国内市场销售情况来看，金属材料被大量的应用在各个领域，所表现出来的形式也就各式各样，但我国现有的机械装备和工业自动化功能较为落后，当下时代人工抛光已经无法满足现代工业自动化生产的需求^[1-3]。尤其是在研磨抛光这一工艺环节，现在日常生活中不断的涌现出各种新生事物，人们对这些新生事物的要求也越来越高，并且很多电子产品更新换代比其他产品要快很多，比如手机、电脑之类的。但目前国内有些地方对于简单机械零件依然采用手工抛光，人工手动抛光虽然成本不高，但是加工速度慢、生产效率低、工期长等，整个产品的加工过程中抛光工序所占比例很大，如果在抛光这一工序进度缓慢，后续的工作都会延缓，就会严重影响经济效益^[4,5]。而且工件质量也无法保证，精度也会存在差异。

1 五轴抛光机

1.1 抛光技术发展概述

抛光加工技术就是利用机械、化学或电化学作用，消除工件表面划痕，降低工件表面粗糙度，以获得光亮、平整表面的加工方法^[6]。在二十世纪国内的抛光技术发展非常缓慢，直到二十世纪末国内各大高校逐渐开始对化学及电化学抛光技术进行深入研究^[7]。其中大连理工大学在电化学机械抛光加工和脉冲电化学机械抛光加工方向，不断深入研究光整加工技术^[9]，取得了显著成效，获得了较好的社会效益和经济效益。更多的企业和研究中心通过计算机建立数学仿真模型进行分析，不仅能够减少产品的研发周期^[8]，降低研发成本，产品的质量也能得到显著提升。近些年，我国装备制造业和工业自动化水平都有很大提高，尤其是装备制造技术不断创新，这就从很多方面促进抛光技术走向成熟。

抛光机的核心器件是“磨盘”。所以抛光机的磨盘材料要求就很苛刻，因为抛光打磨过程中温度很高，所以就对磨盘材料的选择有很高的要求，要求材料的热膨胀系数很低。我们国家研发的“二氧化铈微球粒度标准物质及其制备技术”已经有了很好的成效，这项研发解决了国内抛光技术的重大难题，也补充了国内精密抛光“磨盘”领域的空缺。

1.2 抛光设备的发展

现代制造业朝着高科技方向发展，随着自动化设备的不断发展应用，自动化的抛光设备也随着时代潮流应运而生，抛光技术也得到了成熟的应用，逐渐满足市场需求^[9]。对于抛光加工设备，国内外主要以普通抛光机床和抛光机器人为主，但目前国内有些地方对于简单机械零件依然采用手工抛光。下图为手工抛光与自动化设备抛光对比示意图。

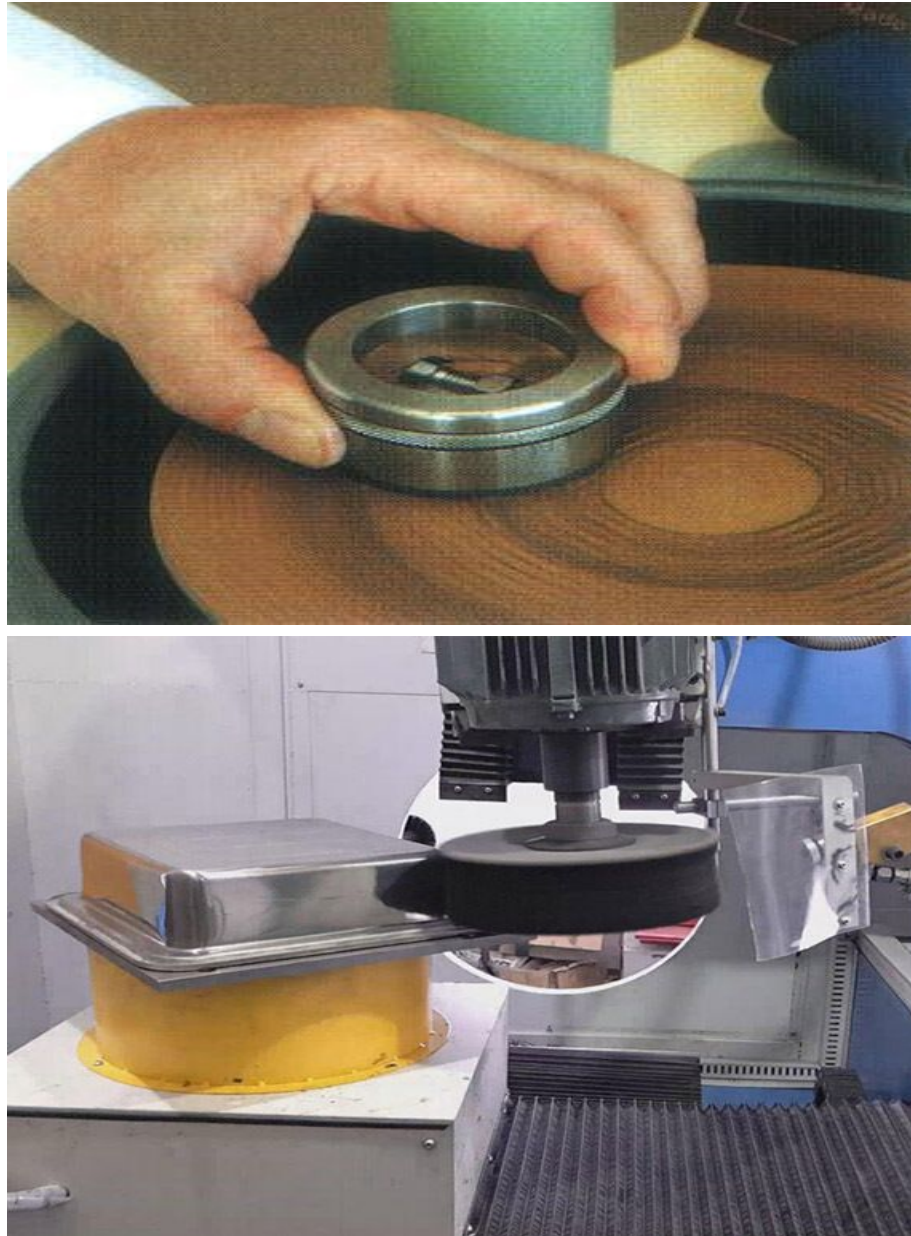


图 1.1 手动抛光与机械设备抛光

世界上第一台数控抛光机是有西班牙麦伯萨公司制造，西班牙麦伯萨公司是一家世界领先的自动机械设备设计和制造公司，专门生产用于金属和其他材质表面处理的设备^[10]。麦伯萨已将技术和适应能力成功融合为一体，以应对顾客的特定要求，不断提供先进的抛磨技术并在世界许多国家拥有客户^[11,12]。

麦伯萨公司对设备的可靠性和自身的技术水准要求极高，尽最大的努力去满足客户的需求，这样就使麦伯萨公司在客户满意度方面远超其他企业。麦伯萨公司起初是做金属材料家居抛光的，由于在抛光领域发展较好，逐渐将抛光业务拓展到机械零部件、汽车零件、手表内部配件等领域。麦伯萨公司坚持创新设计理念，不断将公司在抛光加工领域地位提高^[15]。图 1.2 为麦伯萨公司研制的汽车行业铝车轮毂抛光设备。图 1.3 为抛光后的轮毂。



图 1.2 西班牙麦伯萨抛光设备



图 1.3 抛光后的轮毂

德国吕瑟公司是世界著名的抛光及去毛刺机的生产商之一，吕瑟公司能够为客户提供一流、高质量的表面精加工设备，拥有多种自动化成套设备包括表面超精加工以及小型加工单元等应有尽有^[13]。德国吕瑟公司的砂带精磨抛光机利用精磨带或抛光轮工作，对抛光件进行刷盘、去毛刺、精磨抛光的处理。设备拥有四个刷盘，能同时进行工作，可以更有效的提高工作效率，同时计算机进行控制，那么它的磨损补偿也能够有效的提高设备的可操作性。下图 1.4 精磨抛光过的零件，1.5 是吕瑟公司的砂带精磨抛光机。



图 1.4 精磨抛光过的工件



图 1.5 砂带精磨抛光机

德国吕瑟公司还拥有轧辊精磨和定心精磨设备，滚动精磨设备通过驱动辊来带动工件，但定心精磨设备是通过磨床两端顶尖和抓盘对工件进行定心和旋转，机床的尾座间的拧紧力可以进行调整，来固定不同工件^[14]，滚动精磨设备配备有辊床，能够快捷地进行工件的上下料，无需对工件进行定心操作。这两种设备的精磨头都可沿工件横向移动。下图 1.6 是轧辊精磨和定心精磨设备。



图 1.6 德国吕瑟轧辊精磨和定心精磨设备

目前国内很多企业都在研发抛光机械设备，但都还在初步发展阶段，沈阳新松机器人与沈阳自动化研究所达成合作，双方决定对机器人领域进行深入研究，新松机器人公司会根据客户要求，基于自主研发系统会提供一套安全、高效的设计方案^[15]。

沈阳新松机器人研究院研究了一套具有自主知识产权的抛光系统，这套系统被命名为“研磨抛光机器人系统”^[16]，这套研磨抛光机器人系统可以用于汽车零部件、叶片和机械设备零件等各种金属零件的加工抛光作业，有非常好的发展前景^[17]。

由研磨抛光机器人系统支撑的抛光机器人在运行过程中，首先对抛光工件进行测量和计算厚度，然后进一步选择合适的加工方法，输入正确的加工指令，最后完成抛光作业^[18]。因为在抛光过程中采用了智能传感器技术，所以在加工过程中保证了工件的安全生产，避免发生意外，一定程度上增加了安全系数。因为机器人采用多维度加工方法，所以能够加工各种形状、各种规格的零件^[19]。下图 1.7 为新松机器人车间，图 1.8 为新松研磨抛光机器人。



图 1.7 新松机器人车间

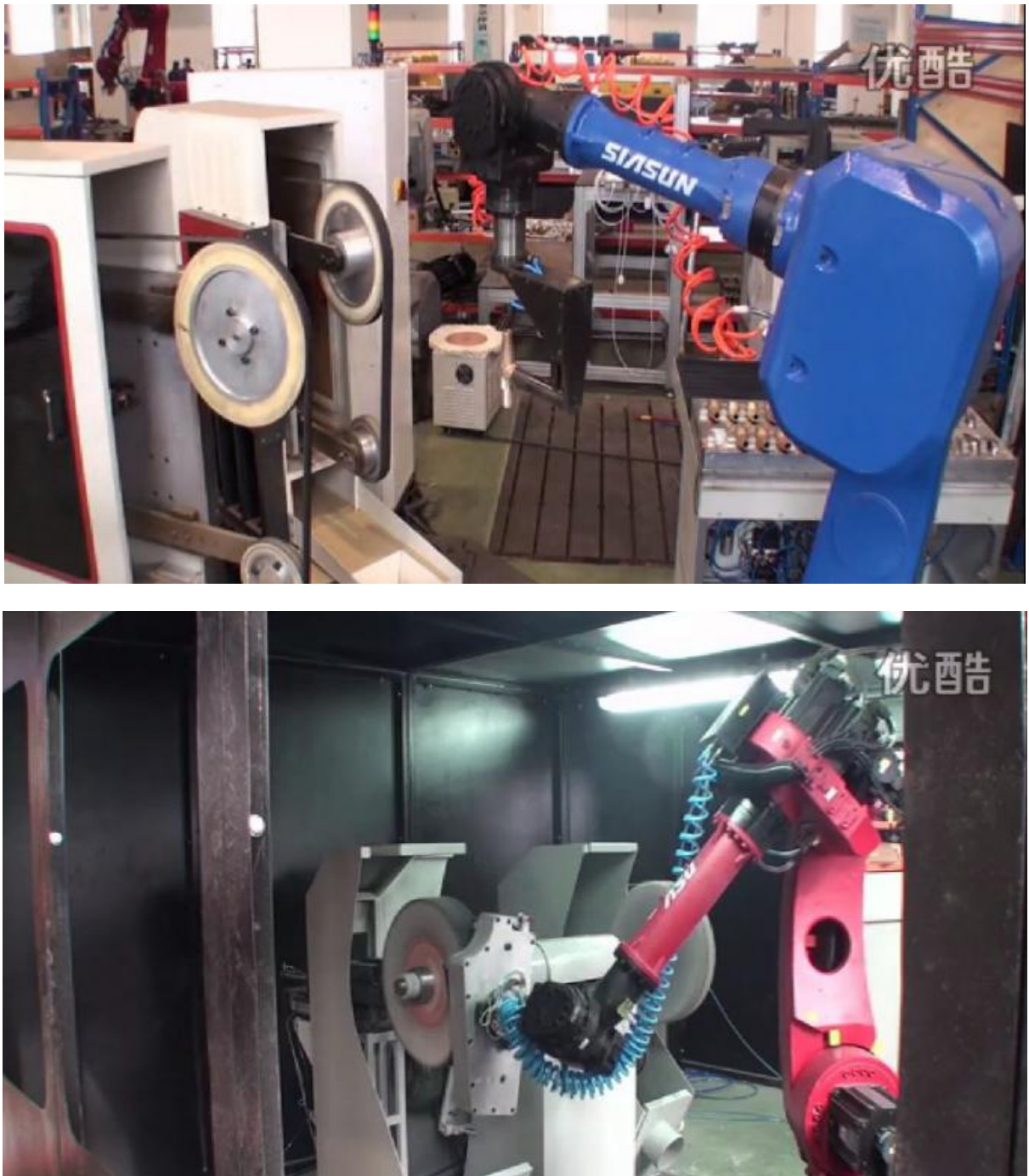


图 1.8 新松抛光机器人

总体来看新松机器人在国内人工智能以及专业设备方面取得了很大成就，同时也处在领先地位。

1.3 主要研究内容

本课题主要针对目前国内抛光行业发展缓慢，部分地区依然采用人工抛光的现状。设计了一台五轴抛光机，这台抛光机拥有三个直线轴和两个

回转轴，能够多角度对不同形状零件进行精密抛光，很大程度上解决了生产效率低的问题，同时也使抛光质量更加稳定。

本文主要研究内容如下：

1.针对工件的外型尺寸和结构特点，分析抛光机的运动形式，确定抛光机为五轴联动机床，分别包含三个直线轴和两个回转轴。

2.设计抛光机主要元件的型号及尺寸，根据实际情况设计五轴抛光机中滑轨、滑块、丝杠、电机座尺寸及校核。

3.选择抛光机电机型号，针对抛光件的特点，结合抛光机的运动形式，确定使抛光机正常驱动的电机型号。

4.五轴抛光机图纸绘制，根据设计尺寸使用 Solidworks 和 CAD 进行三维建模和二维图纸的绘制。

1.4 设计成果部分

本次设计全程采用 Solidworks 软件进行三维模型设计并且运用 CAD 软件对二维图纸进行设计，设计过程中采用 Solidworks 软件进行三维建模和整体装配，Solidworks 软件在三维建模的处理上拥有较好的处理方式，可以通过多种途径进行三维建模，还可以利用其自身强大而丰富的标准件库实现产品的设计，Solidworks 还可以进行工程图输出，可以将设计好的三维模型转化成二维图纸，最终采用 CAD 软件对输出的二维图进行修改，达到国家标准，采用三维和二维并用的设计方式，保证的设计产品的真实性和可靠性。

本次设计成果包括：

毕业设计说明书：1 份；

五轴抛光机的零件三维造型及装配模型，电子文件，一套；

五轴抛光机的所有非标零件图（标准 CAD 图电子文件）电子文件一套；

相对复杂的非标零件打印图纸：3 张；

五轴抛光机装配图打印图纸：1 张；

五轴抛光机实物模型：1 件。

1.5 本章小结

本章主要阐述了抛光技术的发展以及抛光设备的逐渐健全，结合工件精加工需求，拟定三个直线进给轴和两个回转轴，设计五轴联动抛光机，并规划本次设计的预期设计成果。

2 五轴抛光机整体设计方案

2.1 整机结构及功能概述

本文设计的五轴抛光机（如图 2.1 所示）工作时主要传动为电机启动带动三个直线轴和两个旋转轴进行运动，三个直线轴分别控制三个不同方向分别为 X、Y、Z,实现工件的精准定位，两个旋转轴分别控制抛光工件和砂轮的旋转，实现精密抛光，以此来实现工作要求。

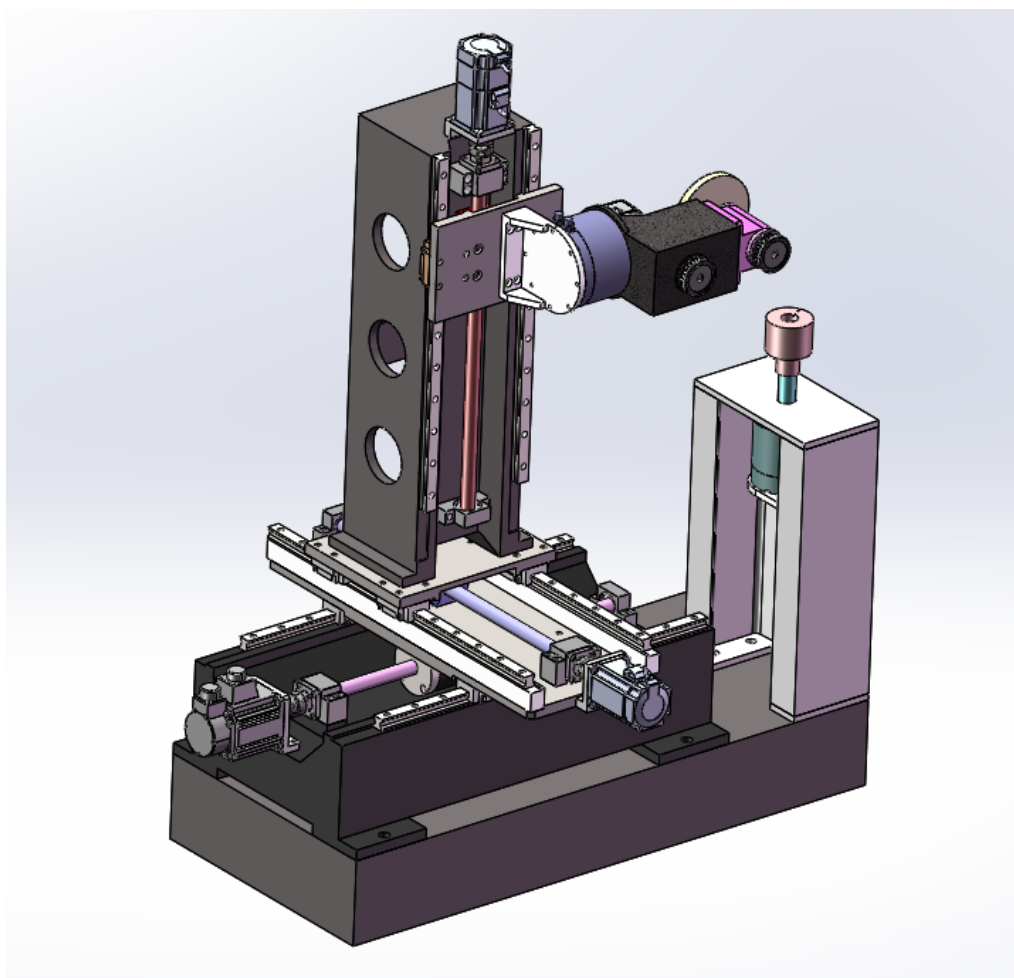


图 2.1 五轴抛光机简图

抛光机机床在安装的时候，要确保各部分结构安装精度准确，才能更好的达到预期加工要求。机床的 X 轴与底座通过螺栓固定连接，并且通过定位销精准定位，在整体装配的过程中要进行精确测量控制误差^[20,21]。电机通过联轴器连接滚珠丝杠，电机运行驱动滚珠丝杠做回转运动，滚珠丝杠上的螺母副就会做直线运动，控制工作台沿 X 方向的直线进给。图 2.2 给出了 X 轴运动系统结构示意图，其它直线轴运动系统均与此类似。

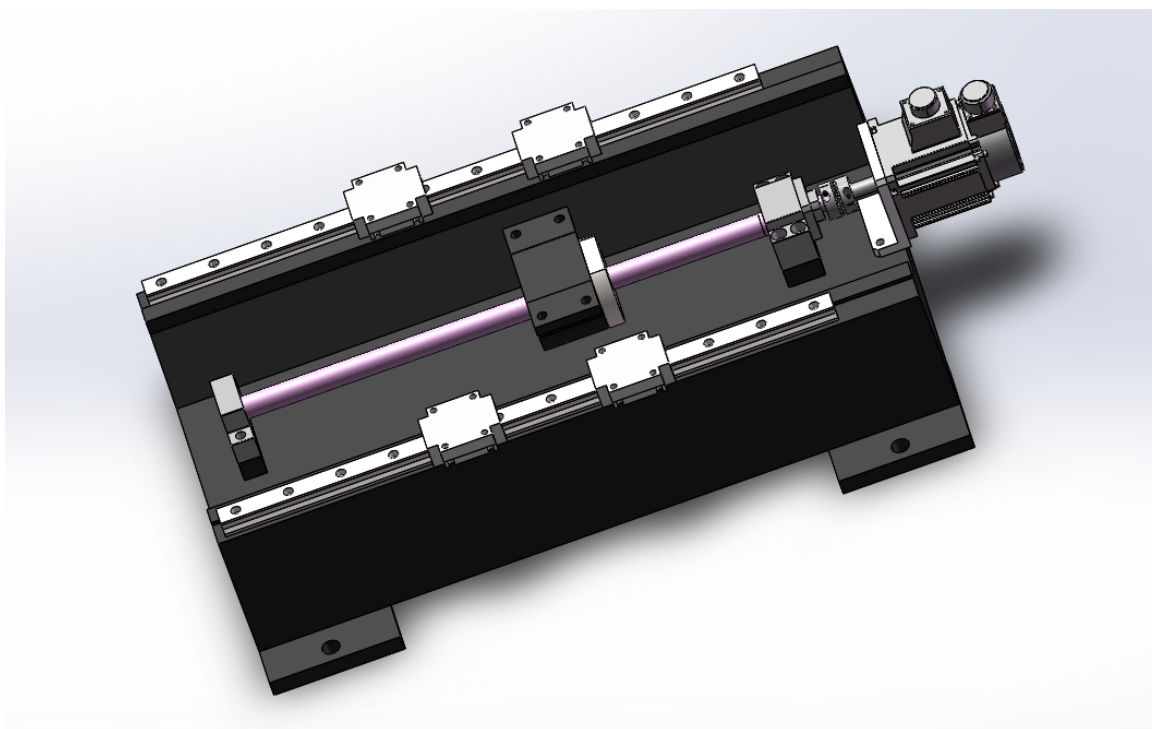


图 2.2 抛光机 X 轴运动结构图

2.2 机床主要技术参数

抛光机主要是对金属工件表面进行抛光加工，对工件表面的定位要求很高，也要保证抛光加工的精度。综合考虑多种情况设计工件尺寸及技术参数如下表 2.1。

表 2.1 机床尺寸及技术参数

| 设计部分 | 技术参数 |
|-----------|--------------------|
| 抛光机主体结构 | 五轴联动 (X、Y、Z、A、C 轴) |
| 抛光机外形尺寸 | 1.6m×1.5m×2.0m |
| 电机功率 | X 轴: 0.4kw |
| | Y 轴: 0.4kw |
| | Z 轴: 0.4kw |
| 直线轴有效行程 | A 轴: 0.4kw |
| | C 轴: 0.4kw |
| | 主轴: 4kw |
| 回转轴角度范围 | X 轴: 500mm |
| | Y 轴: 410mm |
| | Z 轴: 400mm |
| 直线轴重复定位精度 | A 轴: -30°—+120° |
| | C 轴: ±360° |
| | 0.02mm |

2.3 传动机构设计

2.3.1 电机的选择

- 工作条件：（1）室内工作，噪声小；
 （2）电机每天工做 12 小时，每年工作 300 天；
 （3）三相交流（220v/380v）电源；
 （4）大批量生产，输送速度误差低于 4%；

满足整个机器的传动效率和减小主要部件磨损 降低整机的噪音和增加机器的平稳型保障操作人员的安全^[22]。将五轴抛光机电机型号定为异步电动机 YB-132S-4，电动机的主功率为 4.4KW,选取抛光机电机的超载系数为 K=1.1,

$$P_{\text{额定}} = \frac{P_{\text{主}}}{K} = \frac{4.4}{1.1} = 4KW \quad (2-1)$$

具体参数如表 2.2 所示

表 2.2 电动机参数

| 电动机型号 | 额定功率 | 满载转速 | 级数 | 同步转速 |
|-----------|------|-----------|-----|-----------|
| YB-132S-4 | 4KW | 1440r/min | 4 级 | 1500r/min |

Y 系列电动机的优点是运行可靠、寿命长性能优良、体积小、重量轻、维护方便、转动惯量小、节能等优点，所选的 YB-132S-4 电动机符合设计要求。

2.3.2 滚珠丝杠的选择

各个轴都采用日本进口的 THK 滚珠丝杠，日本进口的 THK 滚珠丝杠的导程精度标准遵循 JIS 规格^[23]，为了确保机床能够有校准的定位精度以及直线行走精度，我们选择的滚珠丝杠型号为 C5^[24,25]。依据 THK 丝杠的轴径与导程配合表如图 2.3 设定滚珠丝杠外径尺寸为 20mm，导程为 10mm。

丝杠轴外径与导程的标准组合(精密滚珠丝杠)

单位: mm

| 丝杠轴外径 | 导程 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|
| | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 | 16 | 20 | 24 | 25 | 30 | 32 | 36 | 40 | 50 | 60 | 80 | 90 | 100 | |
| 4 | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | ● | ● | | | | | | ● | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | ● | ● | | | | | ● | ○ | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | ● | | ● | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | ● | ● | ● | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | ● | | | ● | | ○ | | | ○ | | | | | | | |
| 16 | | | ○ | ● | ○ | | ○ | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | ○ | ● | ○ | ○ | ● | ○ | | | ● | | | | | | ○ | | ○ | | | | |
| 25 | | | ○ | ● | ○ | ○ | ● | ○ | | ○ | ● | | ○ | | | | | ○ | | | | | |

图 2.3 THK 滚珠丝杠轴径与导程组合

(1) 容许转速

通过计算确定滚珠丝杠的容许转速，计算如下式 (2-1)：

$$N = \lambda \cdot \frac{d}{l^2} \cdot 10^7 \tag{2-2}$$

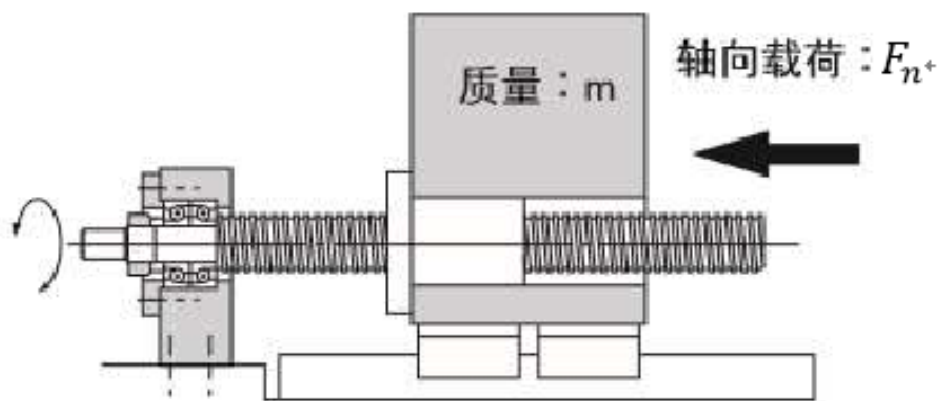
式中 N 为容许转速 ($r \cdot \text{min}^{-1}$)； λ 是和安装相关的参数，取值 15；d (mm) 是滚珠丝杠轴螺纹的小径；L (mm) 是安装间距^[26,27]。表 2.3 是各轴滚珠丝杠的容许转速计算结果。

表 2.3 容许转速

| 丝杠位置 | X 轴 | Y 轴 | Z 轴 |
|------------------------------|------|------|------|
| $N(r \cdot \text{min}^{-1})$ | 2962 | 3580 | 6218 |

(2) 轴向载荷计算

水平使用滚珠丝杠，产生的水平受力，如图 2.4 受力分析。



导向面
 摩擦系数 : μ
 无负荷时的阻力 : f
 重力加速度 : g

图 2.4 受力分析

轴向载荷 F_n (N) 按下式计算:

$$F_1 = \mu mg + f + ma \quad (2-3)$$

$$F_2 = \mu mg + f \quad (2-4)$$

$$F_3 = \mu mg + f - ma \quad (2-5)$$

$$F_4 = -\mu mg - f - ma \quad (2-6)$$

$$F_5 = -\mu mg - f \quad (2-7)$$

$$F_6 = -\mu mg - f + ma \quad (2-8)$$

$$a = \frac{v_{\max}}{t} \quad (2-9)$$

F_1 :去路加速时的轴向载荷 (N); F_2 :去路匀速时的轴向载荷 (N);

F_3 :去路减速时的轴向载荷 (N); F_4 :回路加速时的轴向载荷 (N);

F_5 :回路匀速时的轴向载荷 (N); F_6 :回路减速时的轴向载荷 (N);

a :加速度 ($m \cdot s^{-2}$); v_{\max} :最高速度 ($m \cdot s^{-1}$); t :加/减速时间 (s)

根据 THK 使用说明书，摩擦系数 μ 取值为 0.03；无负荷时阻力 f 取值为 15N。 m (kg) 为工作时的负载质量。根据以上分析，水平运动时最大轴向力为 F_1 (N)。

通常情况下，静额定载荷(C_{0a})是等于丝杠的容许轴向载荷。但在现实生活中，滚珠丝杠加速和减速运动都会产生惯性力，并且我们还要考虑滚珠丝杠运动时所遭受的外力，所以才要求最大轴向荷载小于容许轴向荷载 [28,29]。容许轴向荷载的计算式如下：

$$F_{\max} = \frac{C_{0a}}{f_s} \quad (2-10)$$

F_{\max} :容许轴向载荷 (kN)； C_{0a} :静额定载荷 (kN)，取值为 11kN；

f_s :静态安全数,取值为 1.5。

滚珠丝杠在垂直方向所受的力，如图 2.5 受力分析。

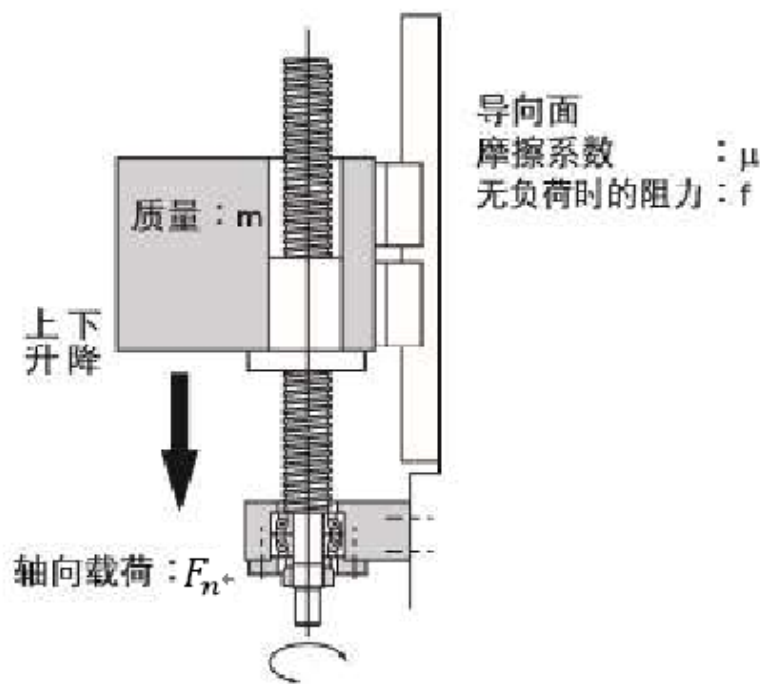


图 2.5 受力分析

轴向载荷 F_n (N) 按下式计算：

$$F_1 = mg + f + ma \quad (2-11)$$

$$F_2 = mg + f \quad (2-12)$$

$$F_3 = mg + f - ma \quad (2-13)$$

$$F_4 = mg - f - ma \quad (2-14)$$

$$F_5 = mg - f \quad (2-15)$$

$$F_6 = mg - f + ma \quad (2-16)$$

$$a = \frac{v_{\max}}{t} \quad (2-17)$$

F_1 :上升加速时的轴向载荷 (N) ; F_2 :上升匀速时的轴向载荷 (N) ;

F_3 :上升减速时的轴向载荷 (N) ; F_4 :下降加速时的轴向载荷 (N) ;

F_5 :下降匀速时的轴向载荷 (N) ; F_6 :下降减速时的轴向载荷 (N) ;

a :加速度 ($m \cdot s^{-2}$) ; v_{\max} :最高速度 ($m \cdot s^{-1}$) ; t :加/减速时间 (s)

根据 THK 使用说明书,摩擦系数 μ 取值为 0.03;无负荷时阻力 f 取值为 15N。 m (kg) 为工作时的负载质量。根据以上分析,水平运动时最大轴向力为 F_1 (N)。

同理需要考虑容许轴向荷载:

$$F_{\max} = \frac{C_{0a}}{f_s} \quad (2-18)$$

通过丝杠的轴向平均负荷 F_m 才能进行计算丝杠的寿命。轴向平均负荷是指沿丝杠旋转轴线作用的平均负荷^[30,31]。根据下式可计算出滚珠丝杠的轴向平均负荷:

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{1}{l} (F_1^3 l_1 + F_2^3 l_2 + F_3^3 l_3 + F_4^3 l_4 + F_5^3 l_5 + F_6^3 l_6)} \quad (2-19)$$

F_m :轴向平均载荷 (N) ; l_i ($i=1, 2 \dots 6$) :载荷作用下的距离 (mm) ;

l :总的运行距离 (mm)。

滚珠丝杠传动时速度时间图象如下图 2.6。

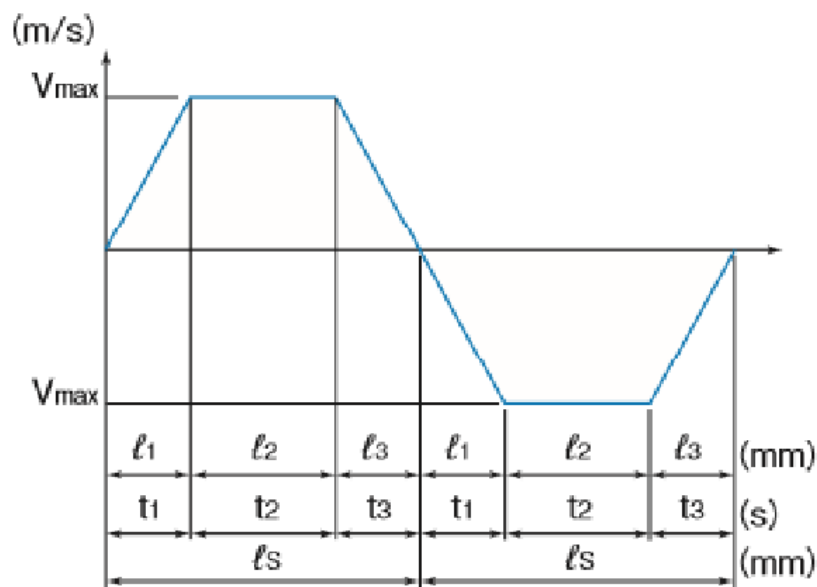


图 2.6 速度-时间关系

l_i ($i=1, 2\cdots 6$) 计算如下:

$$l_{1,4} = \frac{1}{2} v_{\max} t_1 \times 10^3 \quad (2-20)$$

$$l_{2,5} = \frac{1}{2} v_{\max} t_2 \times 10^3 \quad (2-21)$$

$$l_{3,6} = \frac{1}{2} v_{\max} t_3 \times 10^3 \quad (2-22)$$

t_1 : 加速运动时间 (s); t_2 : 匀速运动时间 (s) t_3 : 减速运动时间 (s);

v_{\max} : 运动最大速度 ($m \cdot s^{-1}$)。

(3) 丝杠使用寿命计算

滚珠丝杠在使用一段时间或者一定的转数后, 在丝杠的滚动面或者钢球两者中任何一方, 因为丝杠材质的滚动疲劳导致产生材料表面剥落, 导致这一现象所产生的转数就是滚珠丝杠的使用寿命。但是还存在一种额定寿命, 它是滚珠丝杠寿命的基准。额定寿命就是指同一批出产的相同的滚珠丝杠在同一种条件下分别运行, 其中有 90% 不会因滚动产生表面材料剥落即所能达到的总转数。滚珠丝杠额定寿命计算如式。

$$L = \left(\frac{C_a}{f_w \cdot F_m} \right)^3 \times 10^6 \quad (2-23)$$

L:额定寿命（总转数） f_w : 负载系数 取值 1.2

c_a : 基本动额定载荷 取值为 7 F_m :轴向平均载荷

依据额定寿命 L 以及滚珠丝杠的导程，计算丝杠运行的距离寿命如下式：

$$L_s = \frac{L \times P_h}{10^6} \quad (2-24)$$

L_s :丝杠运行的距离寿命 L: 额定寿命

P_h :滚珠丝杠的导程

综上所述，依据 THK 提供的数据，对滚珠丝杠的三个直线进给轴相关的计算如下表：

表 2.4 直线进给轴相关数据

| | $F_1(N)$ | $F_{max}(N)$ | $F_m(N)$ | $L(\text{rev})$ |
|-----|----------|--------------|----------|----------------------|
| X 轴 | 98.2 | 7333 | 31.9 | 6.1×10^{12} |
| Y 轴 | 76.1 | 7333 | 27.1 | 9.9×10^{12} |
| Z 轴 | 455 | 7333 | 407.6 | 2.9×10^{10} |

根据上表数据，轴的选择符合要求。

2.3.3 机床主电路的设计

在实际安装过程中，电力方面会受到很多因素影响，比如用电的高低峰时间，所以我们要对抛光机电进行保护，要确保输出的电压为 220V 交流电^[32-34]。我们设计五轴抛光机输入三项 380V 交流电，然后需要一个变压器进行变压，再从变压器向五轴抛光机输出 220V 交流电，功率设定为 6Kw。为了保证人员和设备安全，分别设立开关控制两个上电工作，并为其安装两个指示灯，实时显示工作状态^[35]。如图 2.7 (a) 和 (b) 原理图所示。

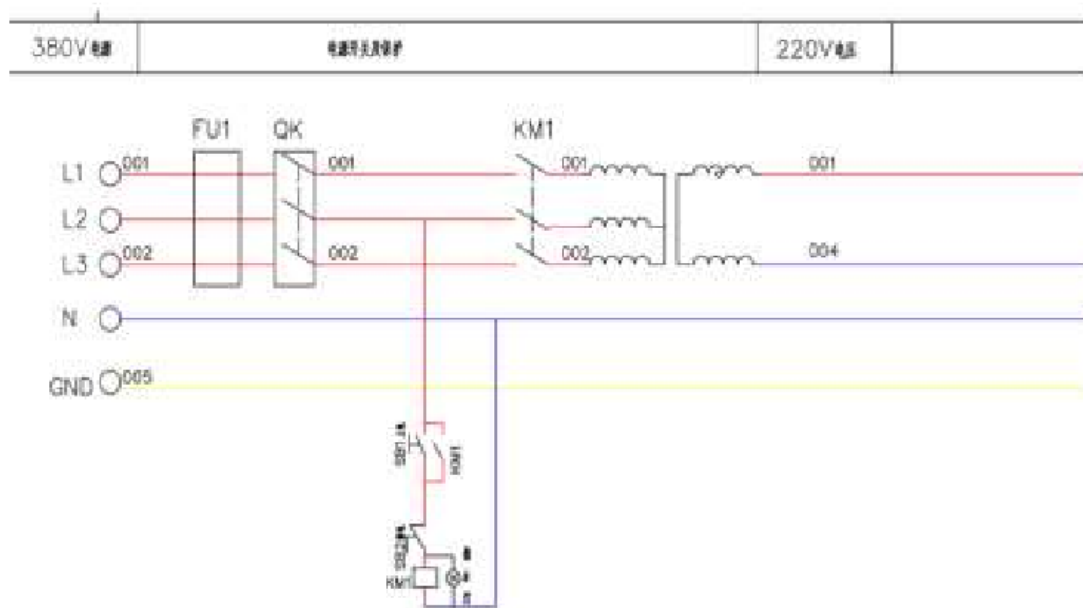


图 2.7 (a) 380V 变压器上电

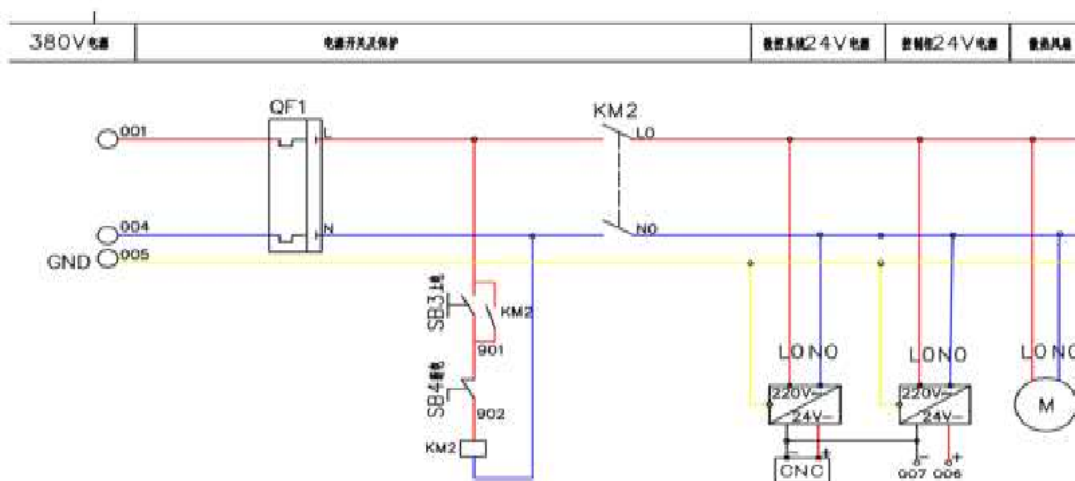


图 2.7 (b) 220V 五轴抛光机上电

2.3.4 机床控制电路设计

抛光机机床控制电路设计是整个控制电路的核心，通过数控系统来控制整个电路，所以数控系统也可以说成是机床控制电路的核心，我们把机床抛光每个轴所需要的运动方式编成数控程序，再把这些数控程序输入到数控系统中，通过数控系统自身来读取识别输入程序的内容，并将其化做指令传送到相应的驱动器，再进行伺服电机的驱动，从而实现数控机床的整体运动^[36]

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

<https://d.book118.com/89534101222011131>