



天津中德应用技术大学
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

本科生毕业设计

空调四通换向阀 D 管自动焊接专机设计

Design of Automatic Welding Special Machine of Four-Way
Reversing Valve D Pipe of Air Conditioning

姓 名 王凌昊

学 院 机械工程学院

专 业 机械电子工程

指导教师 孙学娟

职 称 教 授

完成时间 2023 年 5 月

天津中德应用技术大学
本科生毕业设计（论文）的声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：王凌昊

2023年5月26日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名：孙学娟

2023年5月26日

摘要

针对目前国内外空调四通换向阀 D 接管的制造技术还没有达到实际企业生产需求和规范要求，以及该类阀门在实际使用中经常出现泄漏问题。提出了一种空调四通换向阀 D 接管自动焊接专用设备，并通过实践调研及理论研究，确定了设备主要结构及工作原理等关键技术内容，设计出适用于空调四通换向阀 D 接管的自动化焊接专机的机械结构。

本课题设计的自动焊接专机具有以下优势：（1）采用半自动焊接技术，实现了空调四通换向阀主阀体与 D 管之间的焊接。且在焊接过程中不需要大量人工干预和辅助工具，操作简单便捷；同时也在很大程度解决了传统焊接方式下焊缝质量差、劳动强度大等问题，提高了生产效率及产品品质。（2）该专机占地空间小，工件转动精度高，工件加热温度较易控制，可实现钎焊过程中自动填加钎料，可大大扩大自动火焰钎焊的工作范围。

空调四通换向阀 D 管自动焊接专机的机械结构设计步骤：首先了解专机的工作原理及主要配置模块，利用 AutoCAD 2022 软件进行零件图和装配图的绘制，并根据最新国家制图标准完成专机的设计。

该空调四通换向阀 D 管自动焊接专机操作简便可靠性强，预计在企业实际生产中具有良好的应用前景。此外，该项设计也将作为其他类似产品开发应用的基础条件，进一步推动我国工业生产水平的提升。

关键词：自动焊接专机；机械结构设计；空调四通换向阀 D 管；钎焊

ABSTRACT

At present, the manufacturing technology of air conditioning four-way directional valve D nozzle at home and abroad has not met the actual production needs and specifications of enterprises, and the leakage problem often occurs in the actual use of this kind of valve. This paper proposes a special equipment for semi-automatic welding of air conditioning four-way directional valve D nozzle, and through practical investigation and theoretical research, determines the main structure and working principle of the equipment and other key technical content, and designs the mechanical structure of automatic welding special machine suitable for air conditioning four-way directional valve D nozzle.

The automatic welding machine designed in this topic has the following advantages: (1) The semi-automatic welding technology is used to realize the welding between the main body of the four-way directional valve and the D tube of the air conditioner. And in the welding process does not need a lot of manual intervention and auxiliary tools, the operation is simple and convenient; At the same time, it also solves the problems of poor weld quality and high labor intensity under the traditional welding method to a large extent, and improves the production efficiency and product quality. (2) The special machine occupies a small space, the workpiece transmission precision is high, the workpiece heating temperature is easier to control, can realize the automatic filler metal in the brazing process, can greatly expand the normal range of automatic flame brazing.

The mechanical structure design steps of air conditioning four-way directional valve D tube automatic welding special machine: First understand the working principle and main configuration modules of the special machine, use AutoCAD 2022 software to draw parts and assembly drawings, and complete the design of the special machine according to the latest national drawing standards.

The automatic welding machine for D tube of four-way directional valve of air conditioning is simple and reliable, and it is expected to have a good application prospect in the actual production of enterprises. In addition, the design will also serve as the basic conditions for the development and application of other similar products, and further promote the improvement of China's industrial production level.

Key words: Automatic welding machine; Mechanical structure design; Air conditioning four-way reversing valve D tube; Braze welding

目 录

第一章 绪论.....	1
1.1 课题研究背景及意义	1
1.1.1 课题背景	1
1.1.2 空调四通阀介绍	1
1.1.3 空调四通阀工作原理	2
1.1.4 空调四通阀焊接设备	2
1.1.5 课题的目的	3
1.2 国内外研究现状	4
1.3 论文主要研究内容	5
1.3.1 借鉴毛细管八工位火焰自动钎焊机的设计	5
1.3.2 本课题研究内容	5
第二章 钎焊技术相关概述	6
2.1 钎焊技术	6
2.1.1 钎焊的基本原理	6
2.1.2 钎焊技术的优缺点	6
2.1.3 钎焊技术的种类	6
2.2 钎剂基本介绍	7
2.2.1 钎剂的概况与功能	7
2.2.2 钎剂的种类	7
2.3 钎料基本介绍	8
2.3.1 钎料综述与功能	8
2.3.2 钎料的分类	8
2.3.3 钎料的选用方法	8
2.4 钎焊接头的质量检验	8
2.4.1 钎焊接头的缺陷钎接及其成因	8
2.4.2 钎接头缺陷的检验方法	10
2.5 专机钎焊材料和钎剂的选择	10
第三章 四通换向阀 D 管自动焊接专机总体方案设计	11
3.1 专机工作原理及工作过程方案阐述	11
3.2 专机主要配置说明	11
3.2.1 回转工作台	11

3.2.2 焊炬进退位及摆动装置	12
3.2.3 送丝进退位装置	13
3.2.4 定量送丝机	13
3.2.5 工件冷却系统	13
3.2.6 工件检测	13
3.2.7 排烟装置	13
3.2.8 工件胎夹具	13
3.3 外购部件选型及确定	14
3.3.1 凸轮分度器的选型及确定	14
3.3.2 电机的选型及确定	16
3.3.3 离心风机的选型及确定	18
3.4 四通换向阀焊接质量的确定	19
第四章 四通换向阀 D 管自动焊接专机结构设计	21
4.1 焊接专机整体结构设计	21
4.2 焊接专机主要部件设计分析	25
4.2.1 机架二维制图设计及分析说明	25
4.2.2 机架承重部件的载荷分析	26
第五章 总结及展望	31
5.1 全文总结	31
5.2 未来展望	31
参考文献	32
致 谢	33
附录	35
附录一 中文译文及外文参考资料	35
附录二 Auto CAD 总体装配图	46
附录三 Auto CAD 核心零件图	47

第一章 绪论

1.1 课题研究背景及意义

1.1.1 课题背景

课题来源于企业的生产实际，自十八世纪中期开始，大国的崛起与衰落，以及中华民族的奋斗历程，都充分说明，如果没有雄厚的工业实力，就没有一个国家、一个民族的繁荣。要想提高我们的综合国力，保证我们的国家安全，成为一个世界强国，就必须建设一个有国际竞争力的制造业。

在《中国制造 2025》实施的背景下，我国传统制造业正处于转型与升级的关键时期。为此国家出台了一系列的政策，通过“机器换人”，让我们的设备制造业，实现自动化和现代化，以降低企业用工的数量，提高工人的效率。尤其是在家电、制冷、机床加工等领域，尽管一些零件的生产测试等已经基本实现了半自动化甚至全自动化，但是由于技术、人才等各方面因素的制约，某些产品的火焰钎焊工艺的自动化程度还不够^[1]。

伴随着人民物质生活的日益丰富，冷、暖空调进入了千家万户，空调四通换向阀品质的好坏，对空调产品的品质有很大的影响，同时也与使用者的切身利益密切相关。

1.1.2 空调四通阀介绍

空调四通换向阀是冷热空调器中非常重要的部件，其主要是通过改变制冷剂的流动方向，将蒸发器与冷凝器的功能进行调换，从而使空调起到既可以制冷又可以制热的作用^[2]。该四通换向阀先导阀上的毛细管(纯铜 D 管)与主阀体上的纯铜 D 管的连接形式有 2 种,且均为全钎焊结构^[3]，其质量优劣主要取决于焊接质量。

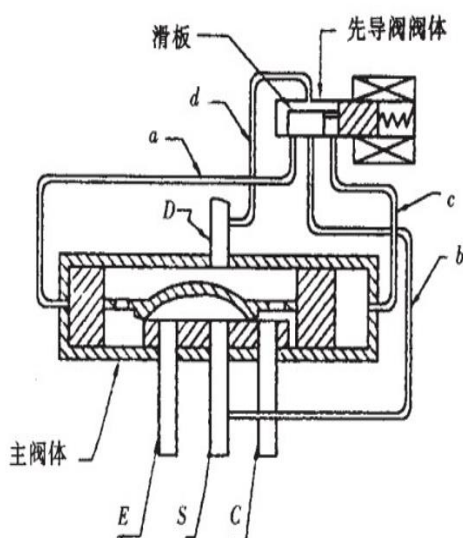


图 1-1 空调四通换向阀剖面图

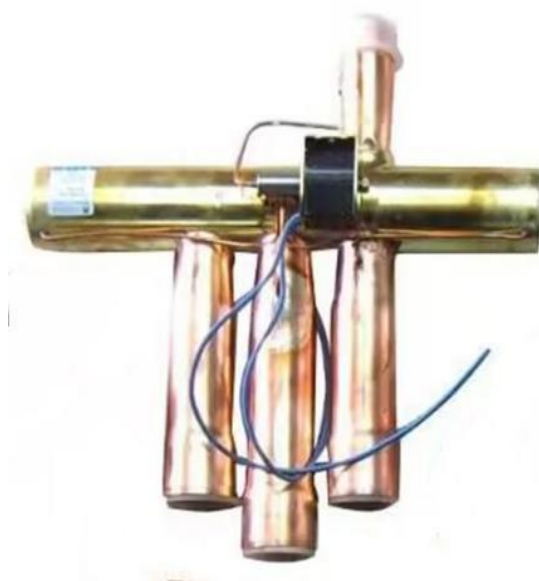


图 1-2 四通换向阀实物图

1.1.3 空调四通阀工作原理

四通阀分为两个部件，一个阀体，一个线圈，见上图 1-1、1-2，线圈是可拆卸的。当空调处于制冷状态时，制冷剂由压缩机排出，通过四通阀，然后进入外机换热器（冷凝器），从室外机换热器排出，后进入室内机换热器（蒸发器），从室内换热器出来后又进入四通阀，最后回到压缩机，如图 1-3（制冷循环）所示。在空调取暖的时候，制冷剂被压缩机抽走，经过四通阀，然后流进室内的换热器（冷凝器），从室内机换热器流出，然后流进室外机换热器（蒸发器），然后从室内机换热器流出，再次流进四通阀，最终回到压缩机，如图 1-3（制热循环）中所示^[4]。

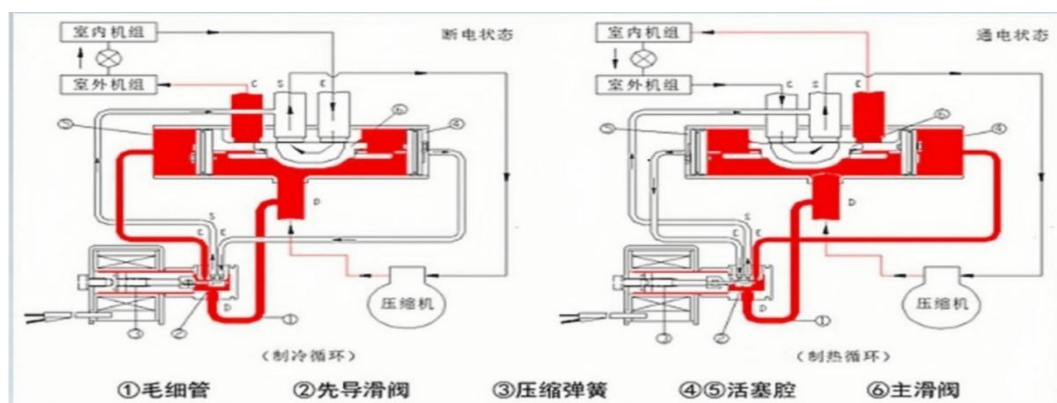


图 1-3 空调四通阀工作原理

1.1.4 空调四通阀焊接设备

四通阀需要焊接的管路比较简单，故采用火焰钎焊。根据对焊接设备的相关调查，可以发现，焊接设备的形式主要有两种，一种是直线步进式，另一种是多工位转盘式，一般情况下由 6-10 个工位构成，具体包括了装件工位、检测工位、预热工位、焊接及送丝工位、水冷却工位、卸件工位等^[5]。图 1-4 为一般常用的空调四通换向阀火焰钎焊装置。



图 1-4 空调四通换向阀火焰钎焊装置

目前大多数企业所使用的空调四通换向阀焊接专机的主要工作过程如下：

首先，要把工件放在工作台上，电动机通过驱动分度器上的转台进行旋转，把工件带检测位置，检测有无工件放置，从而判断在预热工作台上安装钎焊枪的气缸是否会上升，随后进行摇摆加热，后续经过两个阶段的预热，工件到达焊接工作台之后，气缸会把送丝嘴送到工件的钎焊点进行焊接，然后在水冷工作台上对工件进行强制冷却，最后把工件取下。

1.1.5 课题的目的

焊接技术是工业生产中重要的加工手段，广泛应用于机械制造、车辆、造船、石油化工、压力容器等行业中^[6]。而在家电行业中，管道焊接广泛应用于冷却管、排气管、毛细管、工艺管等。这些管道大部分都是小型的薄壁铜管，通常采用人工火焰钎焊法进行焊接。火焰钎焊的热源（包括可燃气体和压缩空气在内的混合气体）被点燃，可用于加热基材。熔化液体焊料（焊丝）在基材之间的间隙中被润湿、扩散，并填充接缝，与工件通过凝固和结晶连接。这些管道被用于高温高压家电系统的严密性要求是十分严格的。但焊接缺陷，如过烧(如图 1-5 (a))、焊料泄露(如图 1-5 (b))、气孔(如图 1-5 (c))和大型焊缝(如图 1-5 (d))在焊接过程中总是出现^[7]。

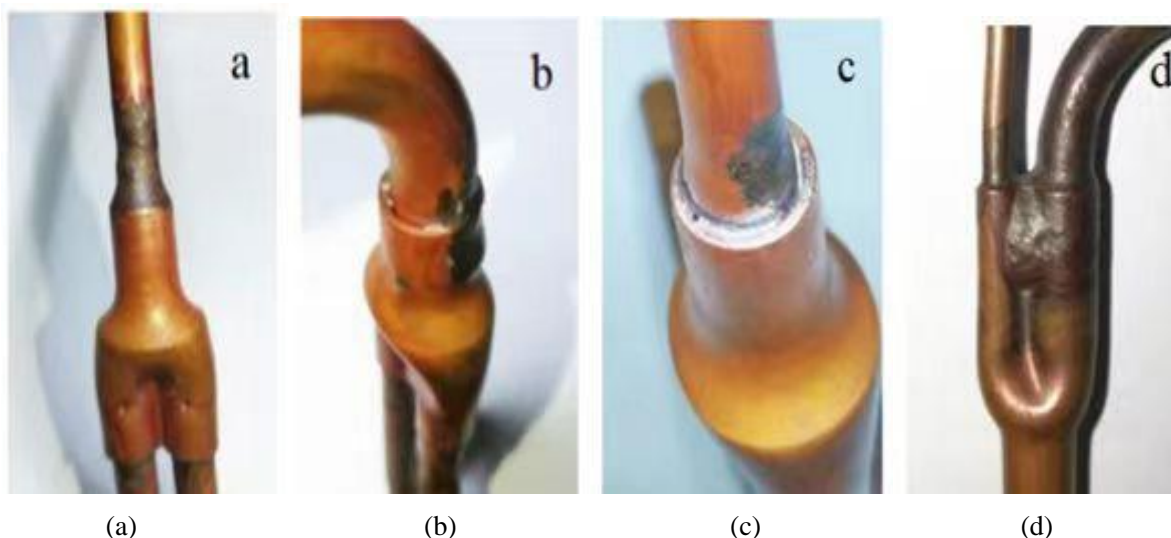


图 1-5 焊接缺陷

(a)过烧；(b)焊料泄露；(c)气孔；(d)大型焊缝

随着冷暖空调器的普及使四通换向阀需求量逐年增大，带动了四通阀制造业专用设备的更新换代^[8]。以往，四通换向阀的焊接装置都是依靠国外引进的，国内一些厂家虽已研制成功，但仍然存在工作环境恶劣，效率低，焊接质量不稳定等问题。因此，根据我国的实际情况，研究和开发具有自主知识产权且符合我国制造业生产的自动焊接专机，从而突破国外对其的垄断，实现自主知识产权的确立，是一种必然的趋势。

该课题在充分调查和研究的现行基础上，进行空调四通换向阀 D 管自动焊接专机的设计，同时采用火焰钎焊焊接技术，可实现对空调器四通换向阀的自动化生产加工。

该专机具有以下特点：

- 1.结构简单紧凑，质量轻小，节省人力物力。
- 2.操作方便快捷，使用方便安全，维修保养费用低。
- 3.工作效率高，劳动强度小。
- 4.使用寿命长，使用成本降低。
- 5.适用范围广，可以替代人工完成焊接任务，节约人力资源。
- 6.焊接专件更换灵活方便，不受材料限制。
- 7.焊接速度快，焊接质量好。
- 8.焊接专件无需特殊保护，不需专业人员看管即可投入使用。
- 9.焊接专机运行稳定可靠。
- 10.焊接专机在整个空调系统中有的重要性不言而喻。

该产品的设计使得更多用户享受到科技带来的便利，从而推动我国空调行业向着智能化，专业化方向发展，减少故障率以及提升运行效率，进而促进社会经济的快速发展。

1.2 国内外研究现状

我国焊接设备制造业生产起步较晚，在上世纪五、六十年代，我国焊接设备大多是从原苏联引进。“六五”时期，原“长春第二机床厂”改建成为我国第一家焊接制造厂，但是，80年代以来，国外的焊机设备已开始走向精密化，而我国的焊机制造业才刚刚起步。从结构上来看，国内外现有的火焰钎焊设备主要有旋转圆盘型和直线型火焰钎焊机两种。国内主要的科研机构有哈尔滨焊接研究所、天津焊接研究所等，因转盘的分度装置分度过程比较平稳，定位准确，无惯性冲击，国内的主要的技术方案还是以转盘式焊机为主^[9]。目前，美国、德国、日本等一些发达国家，已有大量的工业机器人被应用于各种专业的焊接设备，其中大多数设备已达到了完全的自动化程度。

国内相关单位在 90 年代初期就开始了空调四通换向阀焊接设备的研究，而在最初的研究阶段，基本上都是依靠进口。1994 年，国内一家科研机构开始研制这类产品的专用成套焊接设备。二期、三期扩建的四通阀生产厂家，基本全部使用了国产的专用焊接设备，其各项技术指标已基本与国外同类产品相媲美。

目前，我国的空调设备制造企业主要有格力电器股份有限公司(以下简称格力公司)和上海电气集团股份有限公司等。其中，在空调器领域中应用最为广泛的是格力空调四通换向阀。为了满足生产需要，对于空调器四通换向阀的自动化控制系统进行了深入研究并取得一定成果。但是由于空调器四通换向阀结构复杂、工作环境恶劣以及所用到的材料较多，使得该类设备的自动化程度不高。仍存在着工作条件恶劣、生产效率低下、焊接质量不稳定的弊端。生产中还是要进口国外昂贵的焊接设备^[10]，而对于强度较高的焊接工作来讲，若是仅仅依赖人工操作，焊接效果和质量很难被保障^[11]，

制约了空调家电业的发展。

自动焊接设备的发展趋势：随着科技水平不断发展进步，各种新技术也逐渐被运用于工业生产当中。例如，计算机辅助技术、智能化技术、电子信息技术等都可以有效地帮助我们完成相关工作。而这些新兴技术的出现极大地提高了工业机器人的性能，从而能够更好地适应现代社会的需求。当前，越来越多的机电设备开始向智能化方向发展，如无人驾驶汽车、智能工厂等等。这样既能减轻工人的劳动强度，又能提高工作效率。

随着制造业的高速发展，手工焊接及半自动焊接已不能满足现代高科技产品制造的质量和数量要求，自动化焊接机械与工艺技术被广泛地运用在工程机械制造环节中^[12]，焊接工序的自动化和焊接生产的自动化是必然趋势。向高精度，高速度，高质量，高可靠性，集成化，柔性化，网络化，标准化，通用化方向发展是未来的趋势^[13]。

1.3 论文主要研究内容

1.3.1 借鉴毛细管八工位火焰自动钎焊机的设计

通过调研以及各方面研究设计，最终确定通过研究毛细管八工位的回转式自动火焰钎焊机设计 D 管自动钎焊机，毛细管八工位的回转式自动火焰钎焊机其主要组成部分有：火焰供气系统，送丝系统，转盘装置，焊枪组件运动系统，焊接夹具，冷却系统，控制系统。

其中毛细管管钎焊的自动钎焊机的八个工位各个名称及其功能分别是：一工位：装件（对工件进行装夹）；二工位：检测（检测是否存在工件）；三工位：预热（对工件进行预热）；四工位：摆动预热（对工件进行摆动预热）；五工位：摆动及上送丝（摆动加热工件到钎焊温度，上送丝机进行送丝，完成阀体与滑板、滑板与 a、b、c 毛细管的钎焊）；六工位：工件加热及下送丝（继续加热工件，下送丝机送丝，完成阀体与 d 毛细管的钎焊）；七工位：水冷却（空冷后水冷工件和夹具）；八工位：卸件。本课题是通过研究对毛细管的钎焊来开发设计 D 管的钎焊。

1.3.2 本课题研究内容

了解空调四通换向阀及其焊接设备的国内外现状，全面了解空调四通换向阀焊接专机的焊接流程，对空调四通换向阀 D 接管的自动焊接专机进行了详细分析和论述。在此基础上，结合空调四通换向阀 D 接管的结构特点以及其工作原理，阐述该设备的组成部分、机械结构设计等相关技术问题；同时介绍了空调四通换向阀 D 接管的自动焊接专用设备及其功能要求，设计空调四通换向阀 D 管自动焊接专机。

第二章 钎焊技术相关概述

2.1 钎焊技术

2.1.1 钎焊的基本原理

钎焊（如图 2-1、2-2），是将比焊件的熔点低的焊料与焊件同时加热到焊料的熔点，然后用液体焊料填满固体工件之间的缝隙，从而实现金属间的连接。在焊接过程中，必须先清除基体接触表面的氧化物及油脂，使其在焊接过程中起到更好的作用，从而提高其浸润性，提高其毛细流动性。



图 2-1 手工火焰钎焊图

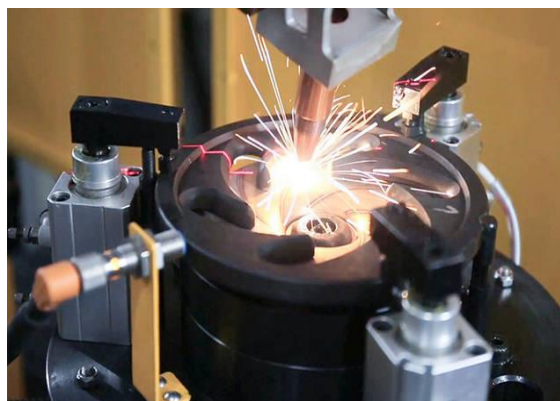


图 2-2 激光钎焊图

2.1.2 钎焊技术的优缺点

钎焊在焊接原理、焊接设备、焊接工艺等方面都与其它焊接方式有很大区别，因而在钎焊方面表现出以下特点：

- 1.钎焊过程中所需的加热过程，由于该温度对基体材料的影响很小，所以该过程中所需的加热温度相对较低。
- 2.钎焊适用于多种材料之间的连接。
- 3.钎焊效率比较高，一次可完成多个部件的焊接，并且焊接界面光滑、美观。
- 4.钎焊技术可用于结构复杂、精密、开敞性和接头可达性差的焊件^[14]。
- 5.焊件结构变形较小，可以保证焊件的尺寸精度。

与此同时钎焊也存在缺点：由于焊接接头的强度通常较低，在组装时对接头的要求较高，所以在组装时需要预留一定的组装间隙。

2.1.3 钎焊技术的种类

1.按照钎料熔点的差异，可将焊接技术划分为软、硬两种焊接技术。软钎焊的钎料熔点低于 450℃，接头强度较低(小于 70MPa)。硬钎焊的钎料熔点高于 450℃，接头强度较高(大于 200MPa)。

2.按照钎焊的加热方式和类型，可分为超声波钎焊法，火焰钎焊法，感应钎焊法，

电阻钎焊法等。

3. 根据钎焊所需的温度，可以将钎焊方式分为三种：低温钎焊、中温钎焊和高温钎焊，根据基材的不同，其温度也是不同的。当用铝制成的合金作为母材时，当其被加热到 300 摄氏度以下时，该焊接是低温，并且被加热到 300 到 450 摄氏度之间。在此过程中，我们将其称作中等温度的铜焊，当其加热到 450°C 以上时，我们将其称作高温铜焊；以钢作为基材，在 550°C 以下的情况下，被称作低温钎焊，550°C 到 800°C 的情况下，被称作中温度钎焊，800°C 以上的情况下，被称作高温钎焊。

4. 根据钎焊在结合部所形成的特征，可将其划分为毛细管作用钎焊方法与非毛细管作用钎焊方法，其中，液态钎焊材料是利用毛细管作用来填满焊接间隙的情形，被称作毛细管作用钎焊方法；相反，不靠毛细作用来填充焊缝的情形叫做无毛细作用钎焊。毛细作用是液体在狭窄间隙中流动时所表现出来的固有特性^[15]。对钎焊、脉冲电弧焊、堆焊等焊接技术进行了深入的研究，并对其进行了分析。可以实现对焊接接头的焊接得出的结论是：焊接是为了追求材料之间性能的一致性。因此，未来各种焊接的发展方向技术是通过各种方式以较低的成本提高焊接接头的性能^[16]。

5. 根据去除母材表面氧化膜的方法，可将其划分为：钎焊剂钎焊法、无钎焊剂钎焊法、真空钎焊法、气体保护钎焊法等。

6. 根据钎焊所用的基材或钎焊材料，可以将其分类为：不锈钢材料钎焊、铜材料钎焊、陶瓷材料钎焊、铝材料钎焊等。

2.2 钎剂基本介绍

2.2.1 钎剂的概况与功能

钎焊剂，也叫焊剂，由硼砂、氯化物等物质构成，在钎焊时必须与钎料配合，是钎焊过程中必不可少的一种物质。

钎剂的主要功能有三个：

1. 活化功能：由于钎剂在基材表面产生活化反应，因此容易与基材形成对应的结合，因此，使基材能够更好地浸润基材表面，极大地提高了钎料的流动性。

2. 熔融功能：在基材和液体钎焊料的表面都有一层薄薄的氧化膜，这种氧化膜能被钎焊剂通过化学反应除去，从而使熔化的钎焊料能更好地浸润到基材上并填满缝隙。

3. 保护功能：钎焊剂将覆盖在钎焊材料及基材的表面，起到一种保护膜的作用，防止由于钎焊时的温度上升，造成空气及基材与基材之间的氧化反应。

2.2.2 钎剂的种类

1. 根据焊接时的温度，将其分为软、硬两种：软、硬钎料是指用于焊接时温度为 450°C 的钎剂；硬性钎料是指用于钎料焊接时，在 450°C 以上进行钎料焊接的一种钎剂。

2. 按组成分，可将其划分为有机软钎料与无机性软钎料：有机软钎料有松香、有机胺、有机卤素等；无机软钎剂主要分为两种：一种是无机盐，一种是无机酸。

3.按照反应状态可以划分为一种类型的气体钎焊剂，它按照焊接方式可以划分为火焰焊接和炉内钎焊两种类型。

4.根据用途，可分为特殊型和一般型两种，特殊型可适用于很难去除氧化膜的基材，例如：（钛系、铝系，其中铝系又可分为铝系软、铝系硬两种，而铝系软的有铝系有机型、铝系反应型两种。）

2.3 钎料基本介绍

2.3.1 钎料综述与功能

在钎焊过程中，钎料是一种金属或合金，并且其熔融温度低于母材的熔点，用以填充焊缝中的缺陷。

钎料的功能：在不使母材熔化的情况下，利用钎料本身的熔化，润湿，填充，冷却等工艺，来实现钎焊的目的。

2.3.2 钎料的分类

1. 根据焊料的熔化温度范围，可以将其划分为软焊料与硬焊料。熔点在 450°C 以下的焊料被称为软焊料。例如：镓基、锡基、铋基、锌基、钢基、铅基等合金。熔点在 450°C 以上的焊料被称作硬焊料（通常被称作难熔钎料），例如：铝基，镁基，银基，铜基，钦基，锰基，镍基，金基，钨基等合金。

2. 根据焊料中的主要合金元素，可以将其划分为：锡基、铝基、铅基等焊料。

3. 根据焊料的形成形式，可以分为：丝，棒，箔，片，粉末，以及特殊形状的焊料（如，环状焊料或糊状焊料）

2.3.3 钎料的选用方法

1.钎料应该有一个适当的熔点，它应该至少低于母体材料的熔点数十摄氏度。

2.在钎焊温度下，钎料要有很好的润湿性能，以确保焊条缝隙能被完全填充。

3.钎料应该与基底材料进行扩散，从而产生牢固的粘结。

4.钎料的组成要稳定、均一，以最大限度地降低合金元素在焊接时的损耗。

5.钎焊接头要满足产品技术指标，包括机械性能，理化性能，使用性能等。

6.钎料应具有良好的经济性。在使用过程中，要尽可能的减少或不使用稀有和贵金属，同时也要保证钎焊高效率。

7.为了容易制造出不同的形状，钎料应该有加工变形的能力。

2.4 钎焊接头的质量检验

2.4.1 钎焊接头的缺陷钎接及其成因

1.填隙不良，部分间隙未被填满

产生原因：

(1)连接部位设计不当，安装间隙太大或太小，安装过程中部件倾斜。

(2)不适宜的钎剂，例如：活性较低、焊剂-焊料的熔点差异太大、焊剂的填充性较差等等：或在气体保护焊中使用较少的气体，在真空焊中使用较少的真空。

(3)钎料选择不当，如焊料润湿效果不好，钎料量不足等。

(4)钎料安置不当。

(5)钎焊前准备工作不佳，如清洗不净等。

(6)钎焊温度过低或分布不均匀。

2.钎缝气孔

产生原因：

(1)接头间隙选择不当。

(2)钎焊前零件清理不净。

(3)钎剂去膜作用或保护气体去氧化物作用弱。

(4)钎料在钎焊时析出气体或钎料过热。

3.钎缝夹渣

产生原因：

(1)钎剂使用量过多或过少。

(2)接头间隙选择不当。

(3)钎料从接头两面填缝。

(4)钎料与钎剂的熔化温度不匹配。

(5)钎剂比重过大。

(6)加热不均匀。

4.钎缝开裂

产生原因：

(1)异种材料因其热膨胀系数差异，在冷却时产生了过大的内应力。

(2)同一材质的铜焊在焊接时受热不均，使其在冷却时收缩不均。

(3)钎料凝固时，零件相互错动。

(4)钎料结晶温度间隔过大。

(5)钎缝脆性过大。

5.钎料流失

产生原因：

(1)钎焊温度过高或保温时间过长。

(2)钎料安置不当以致未起毛细作用。

(3)局部间隙过大。

6.母材被溶蚀

产生原因：

(1)钎焊温度过高，保温时间过长。

(2)母材与钎料之间的作用太剧烈。

(3)钎料量过大。

2.4.2 钎焊接头缺陷的检验方法

钎焊接头缺陷的检验方法可分为无损检验和破坏性检验。

1.外观检查：外观检查是指通过目测或低倍显微镜观察，观察焊接点的表面质量，例如：焊料是否充满空隙，焊点露出的一头是否有圆角，是否有平直的弧度，弧度是否平整，有无裂纹，有无气孔等外在缺陷。

2.表面缺陷检测：检测方法有荧光检测（染色检测）、磁粉检测等。他们被用来观察和观察无法用肉眼观察到的焊接接头的表面缺陷，例如裂纹，气孔等。对于小尺寸的工件，通常采用荧光探伤，而对于大尺寸的工件，则采用染色探伤（对工件进行局部探伤）。

3.内层缺陷检查：以射线检查，超声波检查，压实度检查为主。射线探伤（根据辐射源类型可划分为 X、 γ 两种）是一种常见的探伤手段，能对钎缝内的气孔、夹渣、未钎透、钎缝与母材的裂纹等进行观察。超声检查可以检测出和射线检查一样多的缺陷。目前，对钎焊结构进行致密性检测的主要方法有：常规的水压测试、气密测试、气体渗透测试、煤油泄漏测试以及质谱测试。其中，在压力较大的容器上进行了水压力测试，在压力较小的容器上进行了气密性测试和气体渗透性测试，在无压力的容器上进行了煤油渗透性测试；质谱法是在真空密封的情况下进行的。

2.5 专机钎焊材料和钎剂的选择

钎料的选择：在选择钎料时，应避免去使用低韧性、高应力的钎料，并且选用的钎料要与四通换向阀的材质相似，而铜银钎料熔点低，为 645° 至 815° ，且具有良好的湿润能力，较好的强度和韧性，经济性能好，所以焊接空调四通换向阀使用铜银钎料，以确保焊接质量和牢固度。

钎剂的选择：在选择钎剂时，应考虑其熔点以及经济性能，QJ102P 银焊膏颗粒均匀细微，钎焊紫铜及黄铜合金气焊或钎焊时作助熔剂用，是高温焊接中理想的焊接溶剂，可以直接涂抹在焊接处作为助焊剂。

第三章 四通换向阀 D 管自动焊接专机总体方案设计

3.1 专机工作原理及工作过程方案阐述

通常市面上比较常用的是六工位自动焊接专机包括：装卸工件；检测产品有无；摆动预热；摆动式加热并钎焊 S、E、C 直管以及支架；水冷；卸件六个工位。而此类六工位自动焊接专机常存在以下问题：焊缝不均匀；送丝机工作不稳定；保险丝易烧断；送丝管穿丝不方便；冷却时间短，易产生外漏。

本次设计的八工位空调四通换向阀 D 管自动焊接专机是专门为焊接四通换向阀主阀体与 D 管而设计的，八个工位上的回转胎具随焊机进行转动，依次完成装夹、检测、预热、摆动预热、焊接、空冷、水冷、卸件，完成每一个空调四通换向阀 D 管的焊接，该专机不仅可以使工件加热更加均匀，提高产品质量，同时一个工位上装夹两个工件同时进行生产，成倍地提高了生产效率。

四通换向阀 D 自动焊接专机的工作流程如图 3-1。

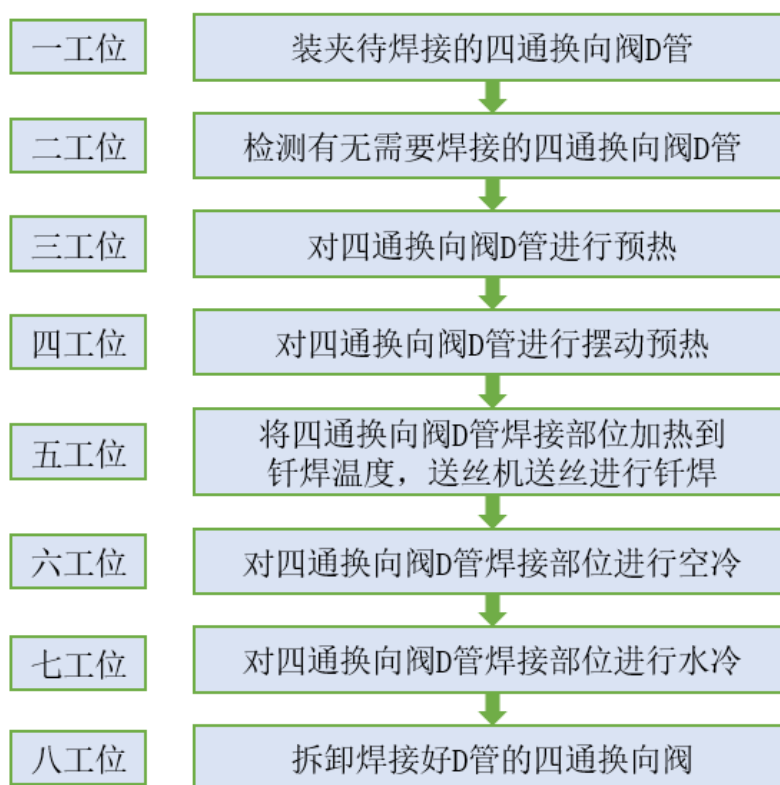


图 3-1 火焰自动钎焊专机的工作流程

3.2 专机主要配置说明

3.2.1 回转工作台

多工位转盘式自动火焰钎焊机要求回转工作台应具有回转速度快、转位精度高、

停位时间可任意设定、运转平稳、寿命长等特点，因此回转工作台设计为滚子凸轮间歇分度机构组成的回转工作台就具有上述特点。

滚子凸轮间歇式分度机构(如图 3-2)的工作原理: 安于该输入轴处的一旋转凸轮, 该旋转凸轮连接于该输出轴处, 该旋转凸轮固定于该输出轴处。所述凸轮滚柱已经沿径向嵌入所述出口转塔的圆周面上, 所述凸轮滚柱与所述凸轮的圆锥支承在其各自的斜面作线接触。在输入轴旋转的情况下, 该凸轮滚子会根据给定的位移线旋转出料筒, 并沿料筒的斜面进行翻滚。在凸轮和肋部之间的端表面平衡区, 也就是静止区, 此时, 进口轴旋转, 而出口塔架自身不旋转。在静态范围内用磁开关来提供位置传感信号, 控制输入轴的电磁离合制动器或制动电机使输入轴停转, 其定位时间将决定输入轴再次转动的的时间。两种制动配置前者无需频繁起动电机, 其配置成本较高, 后者要频繁起动电机配置成本较低。

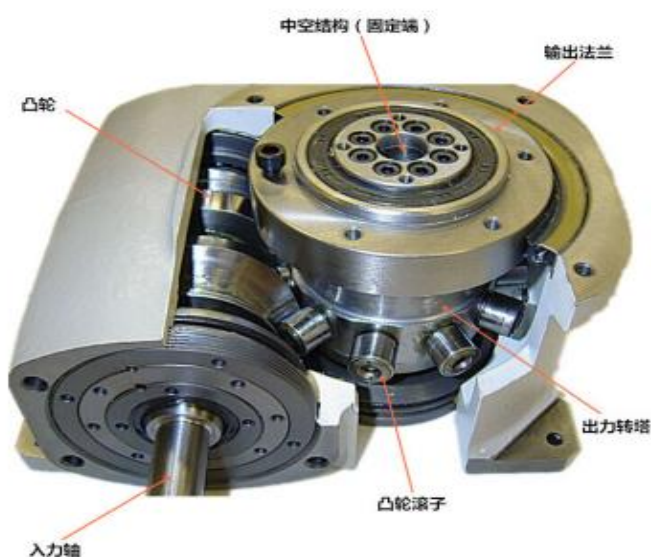


图 3-2 滚子凸轮间歇式分度机构

在火焰钎焊中，往往都采用具有较强腐蚀性的钎剂，有些工件还需采用喷水冷却，因此工作台的转盘防护装置及其连接件均采用防蚀能力强的不锈钢制造。

3.2.2 焊炬进退位及摆动装置

焊炬进退位是为了既保证火焰对工件的加热处于最佳位置避免工件转位时焊炬碰撞工件而设置的。该装置选用气动滑台并配有磁开关以反馈焊炬进退位的位置状况，实现可靠的程序动作和设备故障的显示。根据焊机装配空间不同我们设有两种结构，一种可直接固定在工位支撑架上，另一种是通过万象联轴节，轴架固定在工位上，供整机设计时选用。

焊炬摆动装置是为了确保火焰对工件均匀加热而设置的，我们设计有两种摆动模

块，一种是气动滑台摆动，另一种电机凸轮摆动。前者可直接来源于市场，占用空间小，安装灵活方便，但寿命较低，故障率较高。后者寿命长故障率低但须专门制造占用空间大。

3.2.3 送丝进退位装置

为了避免火焰直接加热而烧坏送丝嘴及工件转位时工件碰撞送丝嘴，自动火焰钎焊时的送丝都必须配备送丝进位装置。送丝进退位装置应能保证送丝位置的精确性，焊丝盘、焊枪分离的送丝机可以大幅度减轻其在工位支撑架上的重量，所以确定送丝机为焊丝盘、焊枪分离水平拉丝式送丝，采用焊枪与送丝机分开形式。

3.2.4 定量送丝机

对同一钎焊接头，钎料的添加量应是一个定值，过多或过少都将影响其钎焊质量，因此定量送丝是自动钎焊设备必须采用的技术，采用定时来控制送丝量将会因送丝速度的变化而改变，送丝量的控制精度是比较低的。采用自动反馈控制送丝量的技术，不仅可大大提高送丝量的控制精度而且是调节和控制系统更加简化。

反馈控制送丝量技术是在送丝机的主轴上配置了一旋转编码器，通过编码器转动时发出的脉冲信号累加后不断与设定的脉冲数进行比较，通过比较结果去控制送丝电机的转停，以达到定量送丝的目的。

3.2.5 工件冷却系统

为了使工件在焊后方便地从胎夹具中取出，工件焊后均需加速冷却。但由于焊后喷水过快将影响焊缝的美观，为此可在喷水冷却前设自然冷却工位，风冷时采用风机通过管道向工件吹风冷却，而后进行水冷。

3.2.6 工件检测

为了避免火焰对无工件的胎具直接加热造成胎夹具的损坏和对无工件的送丝所造成的不良后果，在工件进入加热前，再设一自动检测胎夹具上有无工件的检测装置，若检测胎夹具上有工件时，将实施加热、送丝焊接等程序。若检测胎夹具上无工件时。则不进入加热、送丝焊接等程序。

3.2.7 排烟装置

为了清洁生产环境，在多工位转盘式火焰自动钎焊机的机顶设置了抽风排烟装置，可将焊接烟尘通过外接管道排到室外。

3.2.8 工件胎夹具

不同的工件在转盘式自动火焰舒焊机上焊接应配置不同的胎夹具由于该机上的工件是经多工位连续步进自动完成其焊接作业，因此在焊接上的工件胎夹具在设计和制造时，应注意如下问题：

1.在每次分度停转时，都应保证装盘上每一组胎夹具上的工件焊接头位置与各功能工位位置参数点一致。这点对在钎焊过程中需要送的工件尤为重要。我们除了采用

了高精度的分度机构外，在胎夹具的设计和制造拟定了如下原则:简化胎夹具的结构，适当提高胎夹具的设计和制造精度，必要时采用可调节环节。

2.胎夹具应能快速装卸工件，以满足工作分度停转时，装卸工作的时间要求，来保证设备的连续工作。为了满足先导阀工件焊接时需横置的要求，在胎夹具上还设计有手动转位机构，实现竖向装卸工件、横向焊接。

3.为了减少工件与胎夹具因热传导而造成的能量损失，胎夹具与工件定位接触面在确保其精确定位条件下应尽可能的减少其接触面积。

4.由于胎夹具将承受火焰、水及腐蚀性钎剂的作用，胎具应采用耐热耐蚀的不锈钢制造，若用其他钢材制造时，应采用防护措施。

3.3 外购部件选型及确定

3.3.1 凸轮分度器的选型及确定

在凸轮分度器机构中主动部件为凸轮，通常以恒定速度持续转动；从动部件为带有多个辊子的转台，可根据设计要求进行间接步进转位^[17]。凸轮分度器结构如图 3-3 所示。

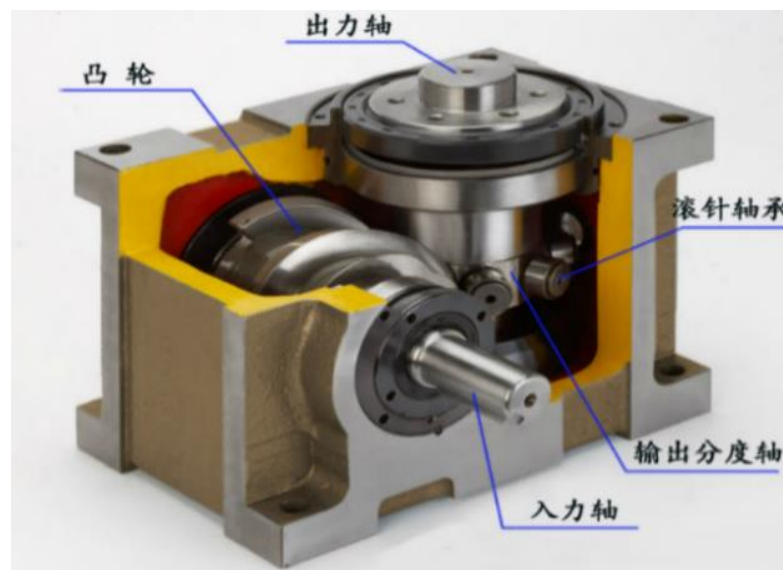


图 3-3 凸轮分度器实物图

凸轮分度机的主动件以旋转的方式进行，从动件的分度值介于 3 至 24 中间，从动件的分度精度范围为 $10''\sim 20''$ ，主动件的最大转速可达到 3000r/min，适用于中、高速、重载的工作场合。

在选型的时候，应综合考虑凸轮分度器的凸轮曲线，额定输出扭矩，转速，轴间距，分度数等参数。因为四通阀 D 管焊接旋转工作台采用 8 工位的回转体结构，与其对应的是 8 分度数的凸轮分度器，并与转盘的安装尺寸相互匹配，轴间距确定为 80mm，凸轮曲线通常为变正弦曲线。根据上述参数，可以通过咨询 CKD 株式会社公

司可找到对应的凸轮分度器。将型号暂时定为RGIT080，其结构造型如图 3-4。

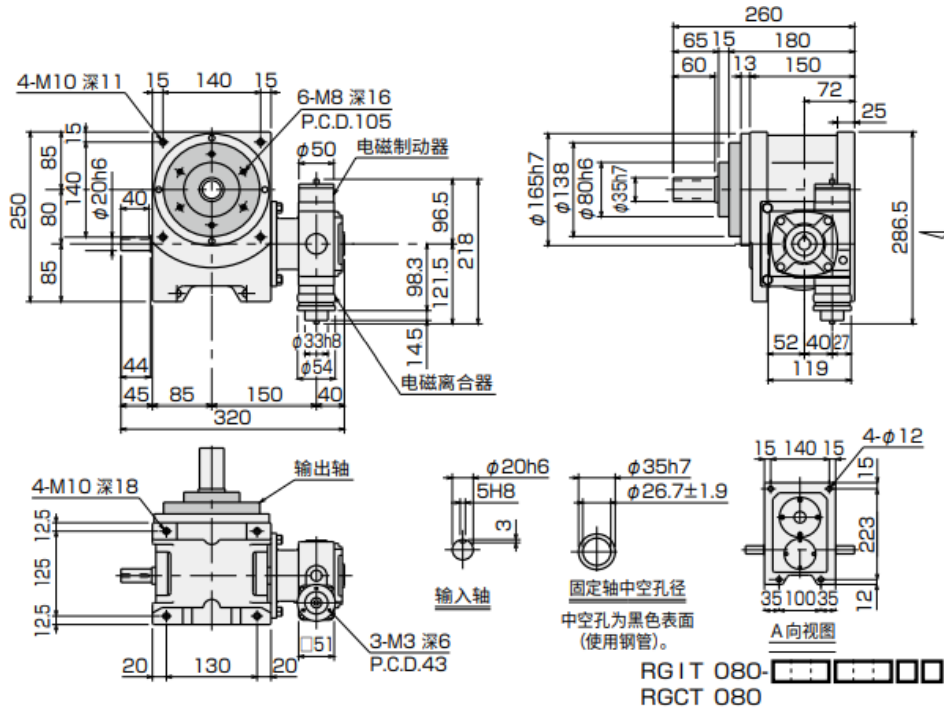


图 3-4 凸轮分度器结构图

通过对该器件的初步选择，可以查到该型号器件的扭矩和转速，凸轮分度器 RGIT 型号转速和扭矩表如表 3-1 所示。可以确定凸轮分度器的分度值为 8，通常来说，总割付角用来表示分割圆周的刻度总数所相对应的圆周角度，分度精度越高，所需要的总割付角就越大，为保证焊接四通换向阀 D 管的质量精度与焊接过程的平稳进行，因此在表 3-1 中选择总割付角为 270° ，将转速取为 150r/min ，同时通过轴间距 80mm ，即可确定该凸轮分度器的扭矩是 $154\text{N}\cdot\text{m}$ 。

表 3-1 凸轮分度器转速和扭矩数据表

分 度 数	总割付 角(deg)	尺寸	静态额 定输出 扭矩 (N·m)	动态额定输出扭矩(N·m)							
				输入轴旋转速度(r/min)							
				30	60	80	120	150	200	300	430
8	210	63.5	133	80.6	77.5	658	59.8	54.8	48.9	40.2	35.0
		80.0	279	215	203	175	156	143	127	106	92.7
		112	689	437	415	358	319	291	257	209	174
		141	1111	732	691	593	525	475	410	310	220
		181	3511	1851	1741	1491	1311	1171	981	671	351
		251	7171	4321	4061	3431	2961	2581	2031	951	

续表 3-1 凸轮分度器转速和扭矩数据表

分 度 数	总割付 角(deg)	尺 寸	静态额 定输出 扭 矩 (N·m)	动态额定输出扭矩(N·m)							
				输入轴旋转速度(r/min)							
				30	60	80	120	150	200	300	430
8	240	64.0	133	83.0	79.5	69.5	61.3	57.0	49.8	43.1	39.9
		80.0	281	224	212	185	165	151	135	114	99.0
		111	688	453	429	374	333	304	270	223	189
		141	1111	757	715	622	552	501	437	343	263
		181	3511	1921	1811	1571	1391	1251	1071	781	511
		251	7171	4491	4221	3631	3171	2811	2291	1361	
8	270	64.0	133	85.5	81.0	71.5	63.9	58.7	52.4	436	384
		80.0	281	227	215	190	170	154	139	119	103
		111	688	463	438	386	345	315	280	234	201
		141	1111	775	733	645	573	522	458	369	293
		181	3511	1981	1871	1641	1451	1311	1141	871	831
		251	7171	4621	4351	3791	3331	2971	2491	1651	801

为了达到对凸轮分度器转速的要求，选择了减速比为 1:20 的蜗轮蜗杆减速器，同时结合旋转平台的尺寸可以确定安装尺寸 105mm，最后选择了 CKD 株式会社所提供的型号为 RGIT080-008 的凸轮分度器。

凸轮分度器是由电动机提供驱动电源的，电机与凸轮分度器通过联轴器相互连接，因此，凸轮分度器型号的选择，对电动机的型号选择确定有参考意义。

3.3.2 电机的选型及确定

在选择动力源时需要考虑整个专机的负载，以及整个动力输出其他部件传输动力的大小。电机的动力选用时要考虑到所需的动力，并尽可能让电机在额定负载下运转。在进行选择的时候，有两个方面值得关注：

1. 若电机功率过小，则有“小马拉大车”的情况产生。这将造成电动机长期过载，造成其绝缘破坏，严重时将造成电动机烧毁。

2. 若电机的输出功率太大，会出现“大马拉小车”的情况。若不能充分利用其输出的机械功率，将会引起系统功率因子及效率低下，给用户及电网带来不便，同时也是一种巨大的能源浪费。

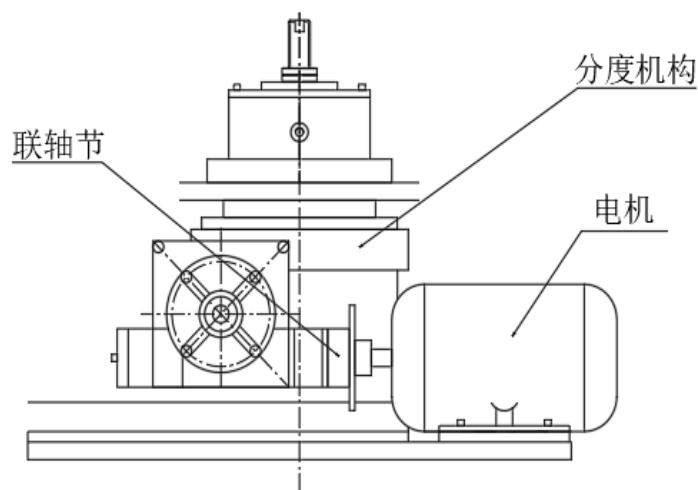


图 3-5 电机装配图

根据四通阀自动焊接专机的工作特点，选用Y系列的三相异步交流电机。电机装配图如图 3-5 所示

相对电动机来说，决定电动机性能的最重要因素是电动机的输出功率。在选用电机功率时，应从电动机的耦合效率、轴承传递效率和被驱动机输出功率等方面进行综合考量。综合以上几个方面，现在作以下几个方面的计算。

$$P_{W0} = \frac{T_{W0} \cdot n_w}{9550} \quad (3-1)$$

上述公式中凸轮分度器的输出功率为 P_{W0} (kw)，凸轮分度器主动轴的输出转矩为 T_{W0} ，主动轴转速是 n_w (r/min)。根据确定的凸轮分度器可以知道，扭矩 T_{W0} 是154 (N/m)，转速 n_w 为150(r/min)。

带入上述公式(3-1)得 $P_{W0}=2.42$ (kw)

电动机输出功率的公式计算如下

$$P_{\delta} = P_{W0} / \eta \quad (3-2)$$

其中

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \dots \eta_n \quad (3-3)$$

由十字滑块联轴器的传动效率 $\eta_1=97\%$ ，单头蜗杆的传动效率 $\eta_2=70\%$ ，滚子轴承的传动效率 $\eta_3=99\%$ 。带入上述公式(3-2)计算出电动机的输出功率为 $P_{\delta}=3.61$ (kw)。

根据上述计算，由表 3-2 Y系列电动机技术数据表，可以确定Y112M-2型号电机可以满足需求^[18]。

表 3-2 Y 系列电动机技术数据表

型号	额定功率 /kW	满载 额定 电流 /A	满载 转速 r/min	满载 效率 /%	满载 功率 因数 cosφ	堵转转矩			噪声功 率级别 /dB(A)		振动 速度 /mm·s ⁻¹	转动 惯量 /kg·m ²
						堵转 电流 /A	堵转 转矩 /N·m	最大 转矩 /N·m	1 级	2 级		
同步转速 3000r/min												
Y80M1-2	0.75	1.8	2830	75.0	0.84	2.2	6.1	2.3	66	71	1.8	0.00075
Y80M2-2	1.1	2.5	2830	76.2	0.86	2.2	7.0	2.3	66	71	1.8	0.0009
Y90S-2	1.5	3.4	2840	78.5	0.85	2.2	7.0	2.3	70	75	1.8	0.0012
Y90L-2	2.2	4.8	2840	81.0	0.86	2.2	7.0	2.3	70	75	1.8	0.0014
Y100L-2	3	6.4	2880	82.6	0.87	2.2	7.5	2.3	74	79	1.8	0.0029
Y112M-2	4	8.2	2890	84.2	0.87	2.2	7.5	2.3	74	79	1.8	0.0055

3.3.3 离心风机的选型及确定

在工业和研究领域中，风机系统是为给定的体积流量和总压而设计的^[19]。离心式风机（如图 3-6 离心风机实物图），其本质就是一个变流器和定压器。主要应用在通风与除尘装置中，比如切割和打磨工序中的旋风除尘器及布袋除尘器等，都需要使用离心风机来对生产现场进行除尘处理，以保证生产环境的清洁，同时还能保护生产者的身心健康。



图 3-6 离心风机实物图

对于离心风机的选择，需要考虑气体的流量、压力、密度，这是离心风机选型的三要素。

1.首先，确定离心风机全压 P_1

$$P_1 = P_2 \times \frac{B}{760} \times \frac{273 + T_2}{273 + T_1} = 278.9Pa \quad (3-4)$$

式中 $P_2 = 270Pa$ （标准设计压力）， $B = 770mmHg$ ， $T_2 = 30.8^\circ C$ （工况介质温度）， $T_1 = 25^\circ C$ （理想设计温度）， $760mmHg$ 为海拔 $0m$ 、空气在 $20^\circ C$ 情况下的大气压。

2.确定气体密度 ρ

$$\rho = 1.2 \times \frac{273 + T_2}{273 + T_1} = 1.22 Kg/m^3 \quad (3-5)$$

3.根据轴功率算出电机所需功率 P

$$P = N \times K = \frac{Q \times P_1}{102 \times 60 \times 0.8 \times 0.98} = 1.07KW \quad (3-6)$$

式中 N 为轴功率，流量 $Q=2350m^3/min$ ， 0.8 为风机效率， 0.98 为标准机械效率， 102 为计算常数， $K = 1.05$ 为电机储备系数。

根据如上计算，结合表 3-3 离心风机技术参数表可以选出所需离心风机为 HL-315 系列 1.1KW 风机。

表 3-3 离心风机技术参数表

代号	电机功率(kw)	转速(r/min)	流量(m ³ /min)	全压(Pa)
HL-315	0.55	800	1590-2408	141-86
	0.75	900	1790-2709	178-110
	1.1	1200	2386-3613	317-195
	1.5	1400	2784-4215	432-266
HL-355	0.75	800	2238-3384	177-108
	1.1	900	2514-3807	224-138
	1.5	1200	3352-5076	398-245
	2.2	1400	3911-5922	542-334
HL-400	1.1	800	3771-5710	251-154
	1.5	900	4243-6423	318-196
	2.2	1200	5657-8564	565-348
	3	1400	6600-9992	769-474

3.4 四通换向阀焊接质量的确定

根据上述分析可知，在空调四通换向阀 D 管的自动焊接过程中。由于四通换向阀 D 接管与空调四通换向阀 D 管连接处为全封闭结构(图 3-7 所示),因此需要对该部分进行严格控制，以确保整个空调四通换向阀 D 管自动焊接专机的正常运行和使用寿命。

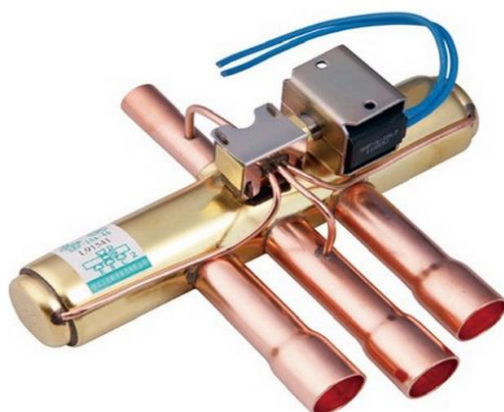


图 3-7 四通换向阀 D 管焊接结构

在实际操作中要注意以下几点问题：

1.焊接前应先检查设备及工具是否完好无损、各部件功能是否齐全等，然后再开始焊接工作。

2.焊接时首先应将焊接电源开关置于手动状态，同时调节焊接电流大小，防止出现电弧烧毁设备或损坏设备零件等情况发生。

3.焊接时要随时观察焊接环境温度变化，一旦温度过高或者过低就必须立即停止焊接，及时采取措施降低焊接热输入量，必要时更换焊接设备。

4.当焊接完成后需用专用夹具固定好后，才能拆除专用夹具。

5.待冷却系统故障排除完毕后，方可继续下一步工序。

6.在正式开始焊接之前，还应对焊接人员进行专业培训，使其能够掌握焊接操作规程以及相关焊接参数，从而有效提高焊接效率，减少了焊接时间，从而提高了焊接专用设备的焊接品质。

7.焊接专机安装调试期间，要严格按照施工方案规定的各项技术参数来执行，不得随意更改。

8.焊接专机安装调试结束后，要做好相应记录，以备后续查阅。

第四章 四通换向阀 D 管自动焊接专机结构设计

4.1 焊接专机整体结构设计

专机具体机械结构如图 4-1 焊接专机俯视图、4-2 焊机专机 A 向剖视图、4-3 水盘结构示意图、4-4 焊机专机 B 向视图所示

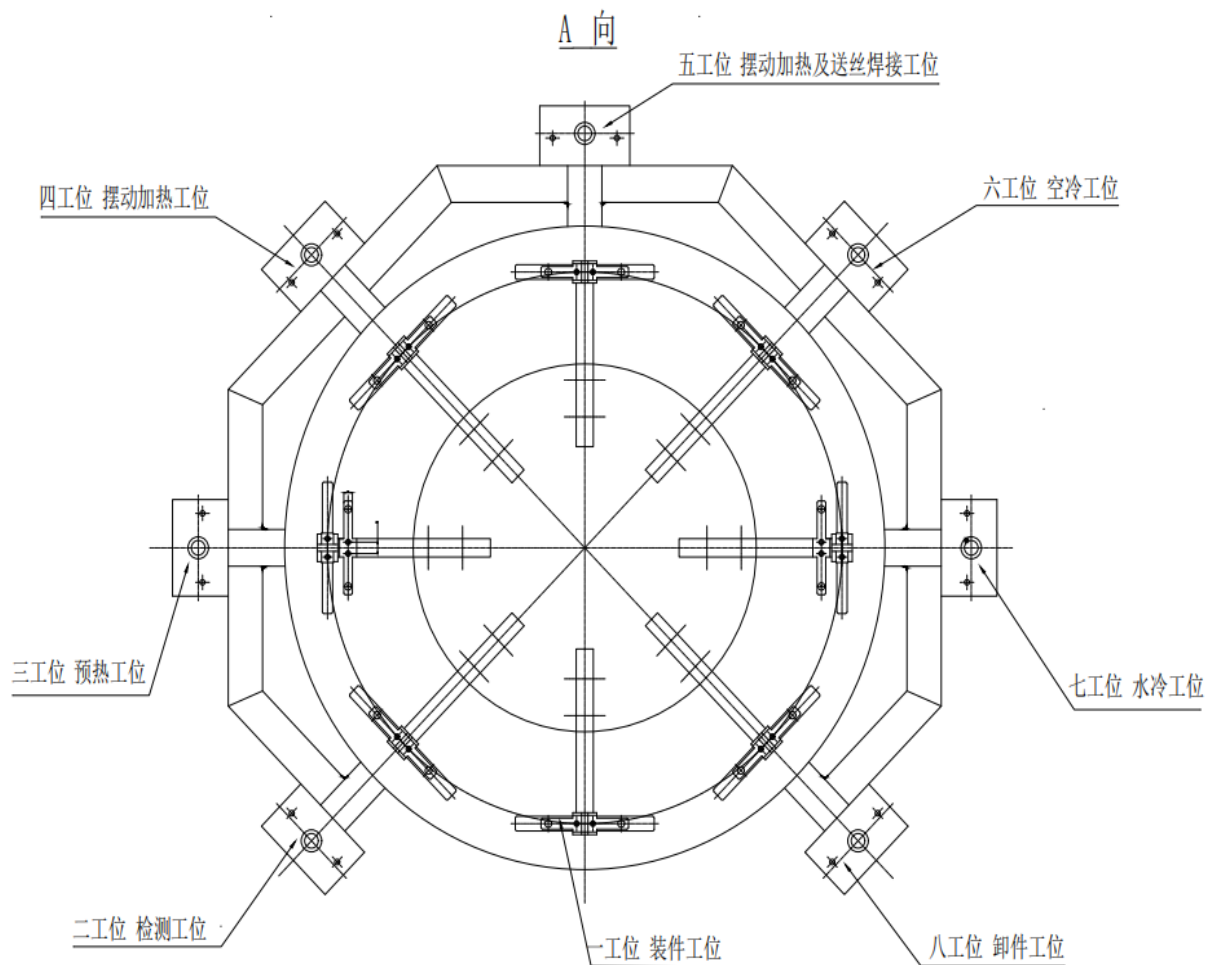


图 4-1 焊接专机俯视图

在该图中可以清晰明了的观察到空调四通换向阀 D 管八个工位的分布情况及其机械结构，第一工位为装件工位，第二工位为检测工位，第三工位为预热工位，第四工位为焊炬摆动预热工位，第五工位为焊炬摆动加热及送丝焊接工位，第六工位为空冷工位，第七工位为水冷工位，第八工位为卸件工位。工件焊接顺序按照由 1-8 工位顺序依次进行，进而完成空调四通阀 D 管的焊接任务。

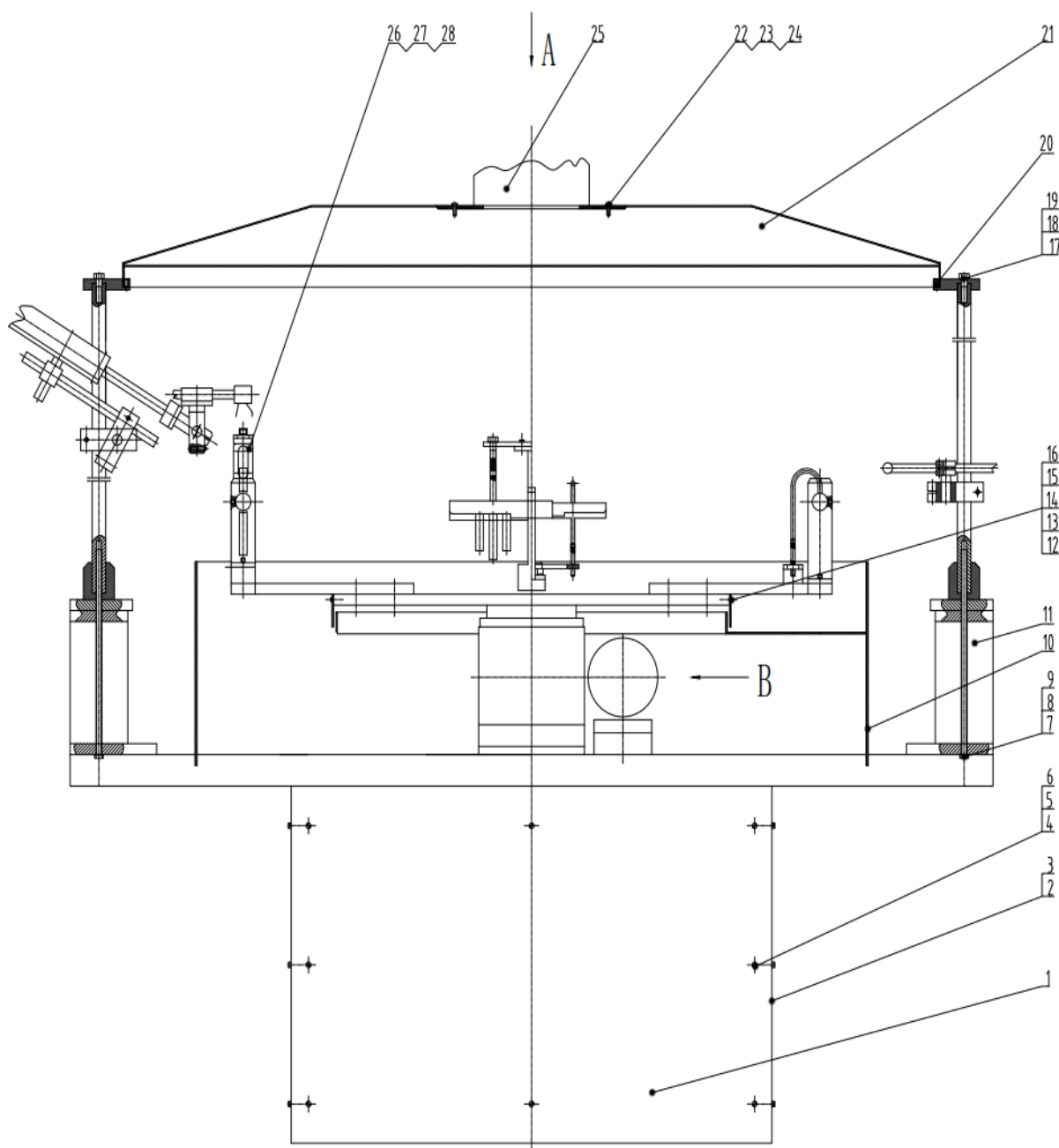


图 4-2 焊接专机 A 向剖视图

在 A 向剖视图中可以清楚的了解该专机的机械结构。

该机机械结构主要由机体、回转式步进驱动装置，胎夹具，焊炬及其进位、退位、摆动装置，送丝进位、送丝退位机构及送丝机，工件的风冷及水冷装置，排气罩等构成。

本机设有三组焊接枪，分别位于第三、第四、第五工位，焊炬分别被三套气动进退位机构所驱动，作上下运动，以便在当工件停止移动时，焊炬能进位对工件进行加热；在工件旋转之前，先将焊枪从加热区撤出。在第四和第五工位上，焊炬上还装有

摆动气缸，以便对钎焊接头进行均匀加热。而焊炬则是经过特别设计的加热器，每一套焊炬都有四个焊口，可以满足对工件进行加热和焊接的需要。火焰用丙烷与氧气混合气体，采用专用的混合气体。

本机在第五工位设置有一套送丝装置,用于 D 管与阀体自动钎焊时,填充钎料。送丝装置安装于固定在机架工作台面上的立柱上，并通过方向调节装置可调节其送丝位置。

对焊接后的工件在第六工位先进行空气吹冷后，再在第七工位处，设有水冷装置，用水强制冷却。为了防止冷却水漫流，在转盘及工件胎夹具下方设有水盘（如图 4-3 水盘结构示意图）该水盘由支承板、外圈、底板、内圈、接头等部件组成，其作用适用于防止七工位水冷装置用水过多冷却水溢流，固设此盘。

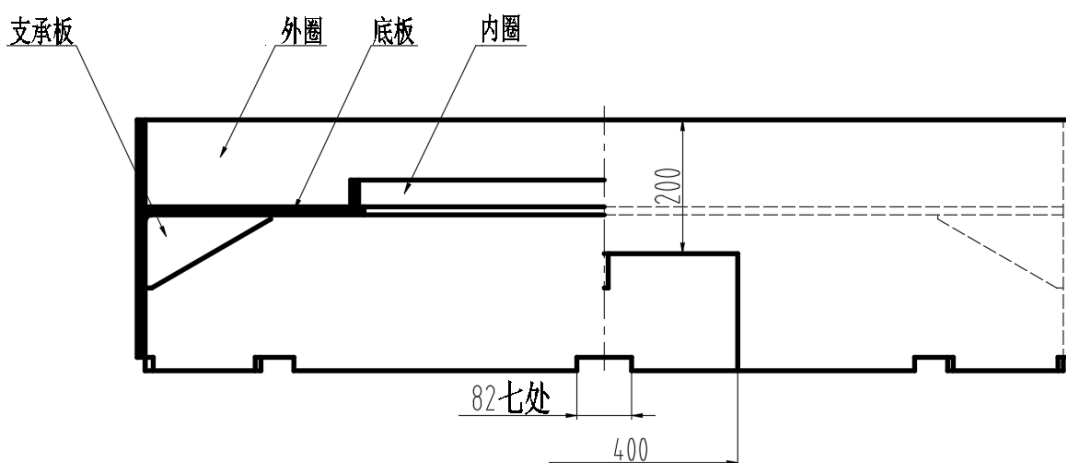


图 4-3 水盘结构示意图

在焊接专机 B 向视图可以充分了解到该专机驱动装置的组成，包括驱动电机、凸轮分度器、电器开关座等一系列部件。相关外购部件的选型已在 3.3 章节完成，此处不在赘述。

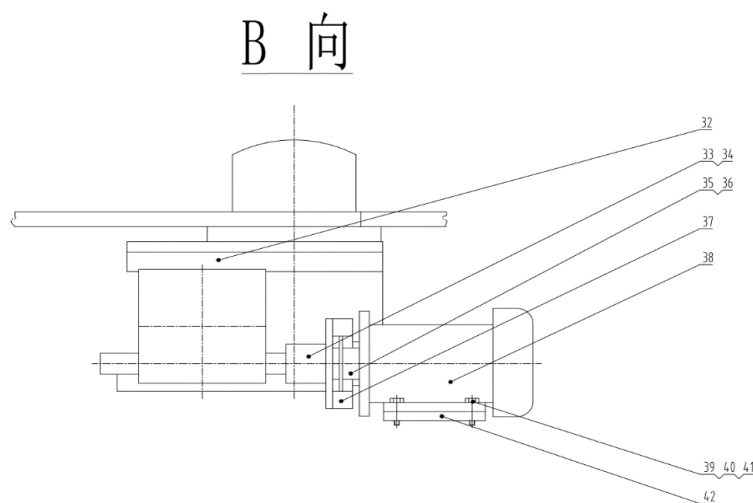


图 4-4 焊接专机 B 向视图

上述图纸部件明细如下表 4-1

表 4-1 焊接专机各部件明细表

序号	部件名称	数量	备注
1	机架	1	部件
2	主面板	2	
3	侧面板	2	
4	开槽盘头螺钉 M16X15	32	
5	弹簧垫圈 6	32	
6	平垫 6	32	
7	六角头螺栓 M12X400	4	
8	弹簧垫圈 12	4	
9	平垫 12	4	
10	水盘	1	部件
11	立柱	5	部件
12	防护圈	1	
13	回转盘	1	
14	开槽盘头螺钉 M6X15	8	
15	弹簧垫圈 6	8	
16	平垫 6	8	
17	六角头螺栓 M12X45	5	
18	弹簧垫圈 12	5	
19	平垫 12	5	
20	紧定螺钉 M8X15	8	
21	排气罩	1	部件
22	六角头螺栓 M16X15	4	
23	弹簧垫圈 6	4	
24	平垫 6	4	
25	离心风机 1.1KW	1	外购
26	夹具部件 A	8	部件
27	夹具部件 B	8	部件
28	夹具部件 C	8	部件
29	D管摆动加热部件	2	部件
30	D管摆动加热送丝部件	1	部件
31	D管冷却部件	1	借用
32	分度器机构	1	外购

续表 4-1 焊接专机各部件明细表

序号	部件名称	数量	备注
33	联轴节 1	1	
34	紧定螺钉 M6X15	1	
35	联轴节 2	1	
36	紧定螺钉 M6X15	1	
37	连接块	1	外购
38	电机 250W	1	外购
39	六角头螺栓 M6X30	4	
40	弹簧垫圈 6	4	
41	平垫 6	4	
42	垫板	1	
43	电器开关座	1	

4.2 焊接专机主要部件设计分析

4.2.1 机架二维制图设计及分析说明

专机机架结构如图 4-5 所示

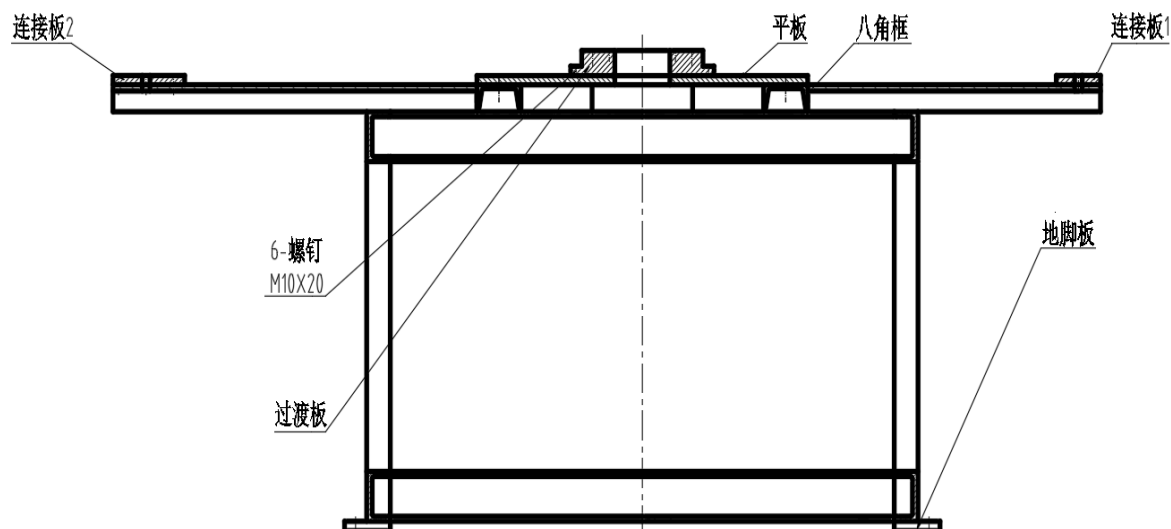


图 4-5 机架结构示意图

如上图所示本专机机架由平板、八角框、连接板 1、地脚板、连接板 2、过渡板、螺钉 M10X20 以及 8 种国标热轧槽钢件组成（包括 80X43X5X530、80X43X5X814、80X43X5X577、80X43X5X740、80X43X5X914、80X43X5X660、80X43X5X1000、80X43X5X400 八种尺寸）

其作用主要是防止输出转矩时引起倾覆，承受安装预紧力，承受气体力，承受运动的惯性力，承担全机重量，承受气体力。同时使用热轧槽钢减轻了整机的重量，增强机架整体强度，同时使之更加轻便美观。

4.2.2 机架承重部件的载荷分析

研究表明，在承重部件中载荷和支承条件起主要作用^[20]，与此同时，该机架上面需要安装八个工位部件，为保证其满足承重要求，因此，需要对承重部件支架横梁进行载荷分析^[21]。

由于该支架是由热轧槽钢 8 号焊接搭建而成，进而对搭建该支架槽型钢（八角框下直接接触的承重梁）进行载荷分析，该槽型钢的总长为 814mm（共记两根），其三维建模图如图 4-6 所示。

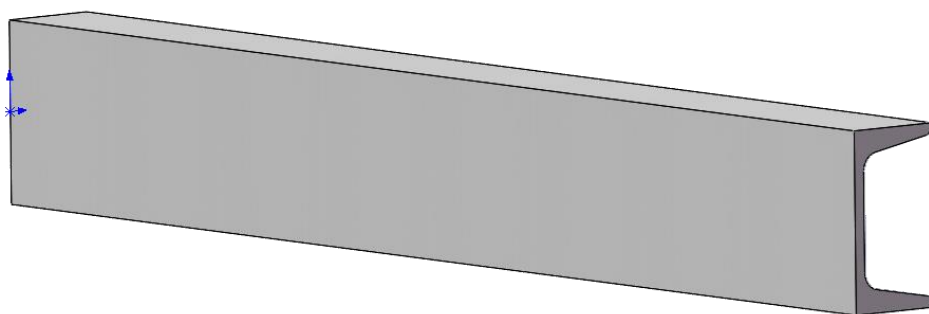


图 4-6 槽型钢建模图

图 4-7 可以观察到热轧槽钢截面结构，图 4-8 显示了简支梁，通过 SolidWorks 软件测算出该结构的承重载荷，知道该结构承重的负荷为 458.9kg，首先，对极限工况下的载荷进行分析，如果此热轧槽钢受到 4.497kN 的集中载荷，解析能否满足该热轧槽钢的许可载荷。由表 4-1 可以知道 8 号热轧槽钢截面的形心主惯性 $I_x=101\text{cm}^4$ ， $y_1=13\text{mm}$ ， $y_2=30\text{mm}$ ，材料的许用压应力 $[\sigma_c]=310\text{MPa}$ ，许用拉应力 $[\sigma_t]=215\text{MPa}$ 。根据上述数据，对此支架梁，进行许可载荷 F 的校核和计算，相关过程如下。

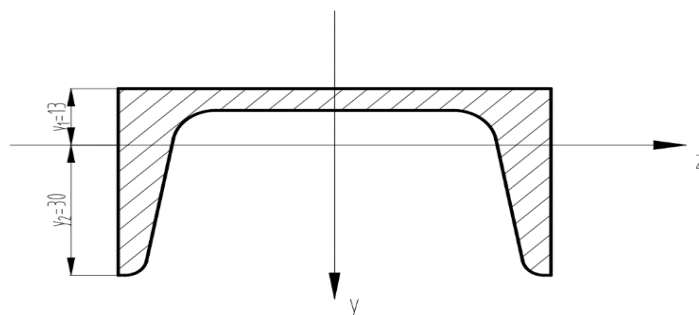


图 4-7 热轧槽钢截面图

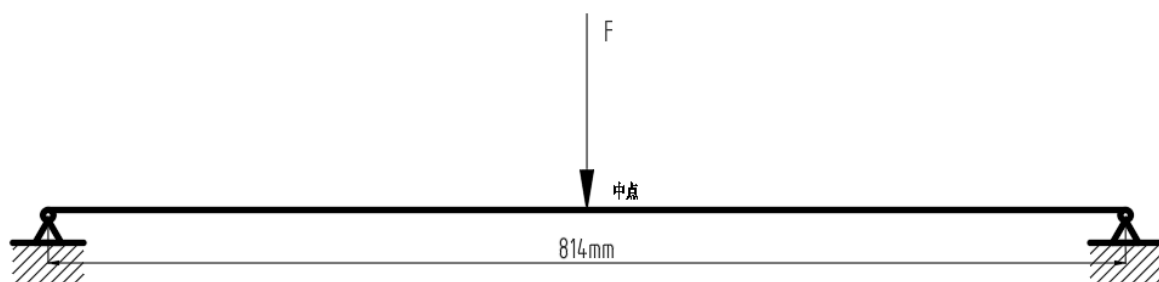


图 4-8 热轧槽钢简支梁图

在进行支架的载荷分析时，通过支架的材料选用以及承重要求，选用热轧槽钢。热轧槽钢的型号、尺寸及力学性能数据如表 4-2 所示。

表 4-2 热轧槽钢主惯性表

型号	尺寸/mm						截面面积 cm ²	理论重量 kg/m	参考数值							
	h	b	d	T	r	r1			W _x cm ³	I _x cm ⁴	i _x cm	W _y cm ³	I _y cm ⁴	I _y cm	I _{y1} cm ⁴	Z ₀ cm
5	51	38	4.6	7	7	3.5	6.938	5.448	10.5	27	1.95	3.56	8.4	1.2	21	1.36
6.3	64	41	4.9	7.5	7.5	3.8	8.461	6.644	16.2	50.9	2.46	4.6	12	1.2	28.5	1.37
8	80	43	5	8	8	4	10.248	8.045	25.3	101	3.15	5.79	16.6	1.27	37.4	1.43
10	101	49	5.4	8.5	8.5	4.2	12.758	10.008	39.8	199	3.96	7.9	25.7	1.42	55	1.53
12.6	127	54	5.6	9	9	4.5	15.792	12.328	62.2	392	4.96	10.3	39	1.58	77.2	1.6

1.测定最大弯矩，弯矩值大小可以在热轧槽钢梁的弯矩图得出，见图 4-9，可知最大弯矩产生在梁的中点截面，大小为 M_B

$$M_B = F \times \frac{1}{8}m \quad (4-1)$$

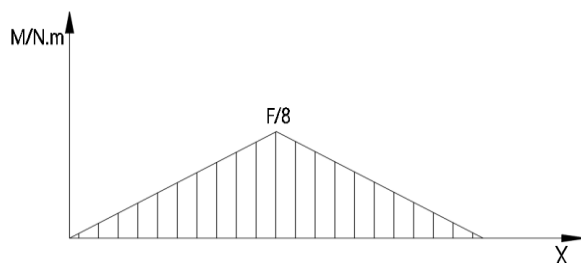


图 4-9 热轧槽钢简支梁弯矩图

2.计算强度，可以得出中间截面 B 处的最大弯矩为正值，根据图 4-10 热轧槽钢受力分析图可知，最大拉、压应力分别发生中间截面的上边缘中心，下边缘中心各点处，

根据相关计算公式分别进行强度校核。

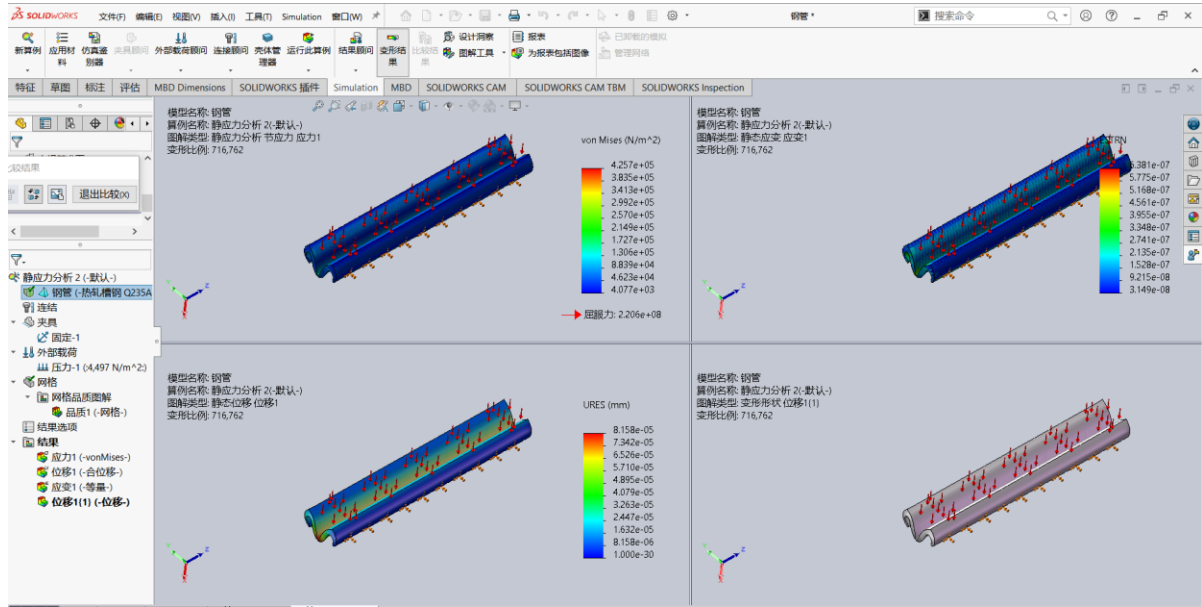


图 4-10 热轧槽钢受力分析图

从拉伸强度条件

$$\sigma_{t\max} = \frac{M_{BY1}}{I_z} = \frac{F \times 0.125\text{m} \times 13 \times 10^{-3}\text{m} \times 10^{-8}\text{m}^4}{101} \leq 21.5 \times 10^7\text{Pa} \quad (4-2)$$

得到

$$F \leq 13.36 \times 10^3\text{N} = 13.36\text{KN} \quad (4-3)$$

由抗压强度条件

$$\sigma_{t\max} = \frac{M_{BY1}}{I_z} = \frac{F \times 0.125\text{m} \times 30 \times 10^{-3}\text{m} \times 10^{-8}\text{m}^4}{101} \leq 31 \times 10^7\text{Pa} \quad (4-4)$$

得到

$$F \leq 8.34 \times 10^3\text{N} = 8.34\text{KN} \quad (4-5)$$

因此该梁的许可载荷

$$[F] = 13.36\text{KN}$$

通过 SolidWorks 三维建模软件的评估工具，能够很好的知道支架承重的重量，其数值如图 4-11 所示，设支架的承载重为 F_g ，则 $F_g = 4.6\text{KN} < [F] = 13.36\text{KN}$ ，符合此梁的许可载荷要求。

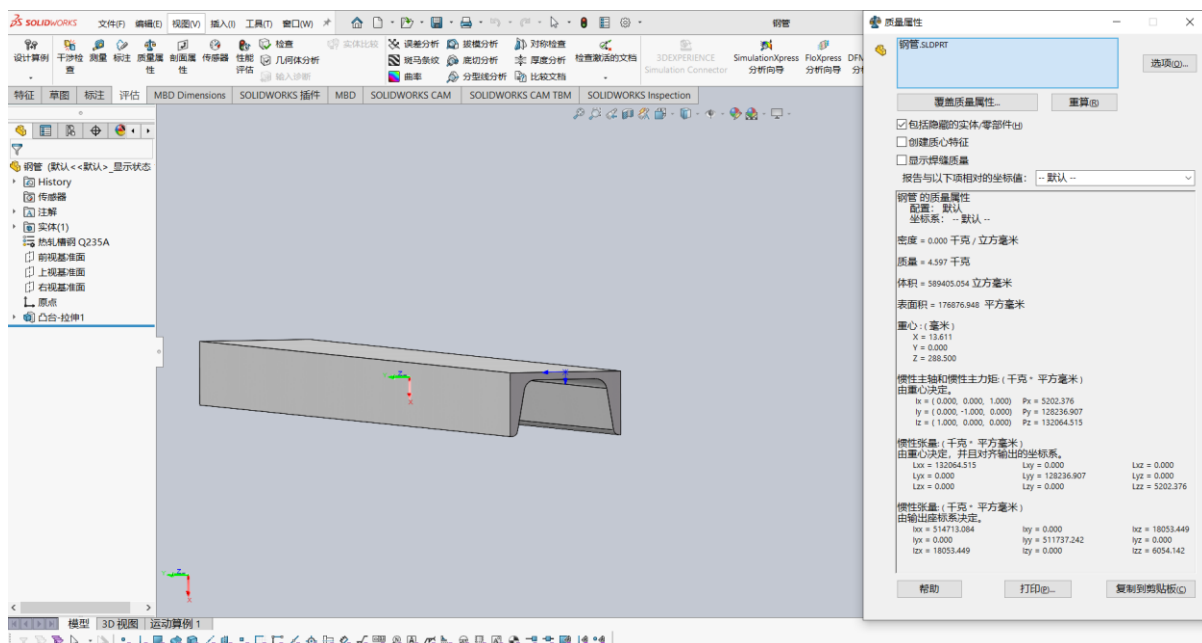


图 4-11 支架载重分析图

同时，为提高该支架承重的安全性、稳定性，在支架的上部添加八角框和平板，通过这种处理，将作用在支架上的集中载荷转变为均匀分布的载荷 q ，从而保证构成支架的梁可以更好的承受重量，并对该梁的弯曲变形进行相应的限制。一般情况下，梁的最大变形不能超过某个允许值 $[\omega]$ 。

即梁的刚度条件为

$$|\omega|_{\max} \leq [\omega] \quad (4-6)$$

梁的长度见上图 4-7 所示 $l = 0.814m$ ，受到的均匀分布载荷

$$q = \frac{F}{l} = \frac{4.6}{0.814} \text{KN/m} = 5.65 \text{KN/m} \quad (4-7)$$

该材料的弹性模量 $E = 200\text{GPa}$ ，梁的许用挠度 $[\gamma] = l/400$ ，许用应力 $[\sigma] = 215\text{MPa}$ ，截面惯性矩 $I = 16.6\text{cm}^4$ 。

其简支梁的受力图如图 4-12 所示。

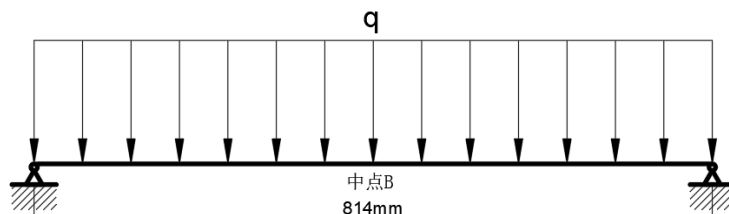


图 4-12 简支梁受力图

3.进行强度校核，作出该梁的弯矩图如图 4-13 所示。

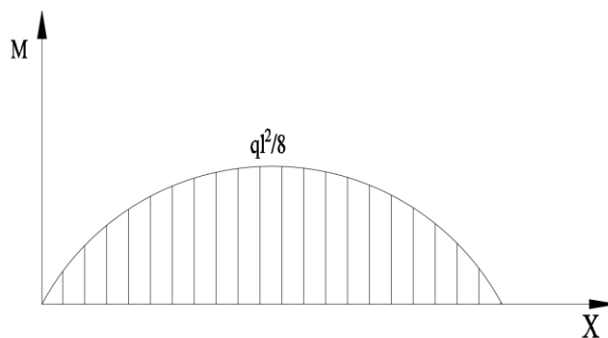


图 4-13 简支梁弯矩图

可得到梁的最大弯矩

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{5.65 \times 10^3 \times 0.814 \times 0.814}{8} \text{ N} \cdot \text{m} = 468 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (4-8)$$

根据查阅热轧槽钢主惯性表 4-1 得出，8 号热轧槽钢的 $W_x=25.3\text{cm}^3$ 代入梁的弯曲正应力强度条件

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = 18.5 \times 10^6 \text{ Pa} = 18.5 \text{ MPa} < [\sigma] = 215 \text{ MPa} \quad (4-9)$$

因此该梁的强度达到设计要求。

4.进行梁的刚度校核，可知梁的最大挠度发生在跨中截面，将相关数据带入公式

$$|Y|_{\max} = \frac{5ql^4}{384EI} = 0.97 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.97 \text{ mm} < [Y] = \frac{l}{400} = 2.035 \text{ mm} \quad (4-10)$$

可以得知，此梁的刚度也满足设计条件。

根据该梁的强度校核和刚度校核，并将平板和八角框置于机架上，形成相应均布载荷，使支架的承重性，稳定性得到极大承度的提高。

第五章 总结及展望

5.1 全文总结

1.提出了一种新型的空调四通换向阀自动焊接专用设备。采用自动焊接技术，实现了空调四通换向阀阀体与 D 管之间的自动焊接。且在焊接过程中不需要大量人工干预和辅助工具，操作简单便捷；同时也解决了传统焊接方式下焊缝质量差、劳动强度大等问题，提高了生产效率及产品品质。

2.对原有的六工位空调四通换向阀自动焊接专机进行了改进。通过对原有的空调四通换向阀自动焊接专用设备的结构进行分析研究，并结合实际情况对其机械结构进行设计，通过增设工位、调整工位功能，设置了第六工位为风冷工位，有效改善了六工位存在的问题，使得焊接工作更加安全高效地完成。

3.对空调四通换向阀自动焊接专用设备的功能性进行了完善。该专机占地空间小，工件转动精度高，工件加热温度较易控制，可大大扩大自动火焰钎焊的工作范围，转盘式自动火焰钎焊机市场前景十分宽广，它可以广泛用于家电、日用机械、汽车、仪表等制造业中，为焊接智能制造添砖加瓦。

5.2 未来展望

由于空调四通换向阀的特殊结构以及制造过程复杂等原因，钎焊技术还存在着一定的局限性，本设计为自动焊接专机，后续可朝向全自动化、智能化发展，例如像智能机械手上下料、自动感应点火、焊接质量检查、便捷的人机交互界面等一系列的更加完善的方向发展，此外，进一步完善冷却、排烟系统，使该专机更加智能环保，满足现代企业生产对智能化制造装备的需求。

与此同时，在焊接装备自动化、智能化新型技术的快速发展下，需大力推广使用智能焊接技术，逐步替代现有的落后技术，改善现场作业环境并提高效率，同时随着中国制造业不断的高水平发展，21 世纪新时代信息化、技术化革命引领的数字化、智能化应用在大型机械行业，无疑将会推动焊接机器人与自动化、智能化、科技化控制系统有效结合在一起，研发新型的智能焊接技术及自动化焊接设备势在必行。智能焊接技术的广泛使用，在一定程度上取代机械行业部分的劳动力，在提高生产效率的同时，也能够生产出更好的产品，增加企业的经济效益，这将大力推动我国重型机械行业技术转型升级，向焊接智能化方向发展。

参考文献

- [1] 毛翎. 全自动火焰钎焊机的设计[D]. 中国计量大学, 2017.
- [2] 孙学娟. 直线步进式自动火焰钎焊专机的研制[J]. 焊接技术, 2014, 43 (07) : 52-55.
- [3] 蒋磊英, 马鸣亮, 封秀敏. 自动火焰钎焊机的研制[J]. 焊接技术, 2008 (04) : 42-43.
- [4] 唐涛. 空调四通换向阀的检测与更换[J]. 中国新技术新产品, 2015 (12) : 49.
- [5] 李国亮, 辛克嵩, 利绍棠. 空调四通换向阀成套焊接专机的研制[J]. 焊接技术, 2001 (05) : 27-29.
- [6] 晋高峰. 焊接技术在机械制造业中的应用[J]. 铸造, 2022, 71 (09) : 1204.
- [7] Li Su, Ren Xianghui, Xin Yanggui, Liu Dan, Gao Shiyi. Application of welding robot system in flame brazing of pipe parts for household appliances[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2019, 1347.
- [8] 焦铁, 柳英利, 丁正春. 2 工位四通阀端盖高频自动钎焊专机的研制[J]. 焊接技术, 2003 (05) : 47-48.
- [9] 闫相和, 张善保, 姜常莹, 孔繁乐, 杨文. 多工位转盘式自动火焰钎焊机的研制[J]. 焊接, 1998(05):9-12.
- [10] 柳英利, 薛萍, 许春莹, 路文珺, 蒋磊英. 四通阀焊接生产线的开发研制与完善[J]. 焊接技术, 2003(06):39-40.
- [11] 李毅. 自动化焊接设备在工程机械制造中的运用分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(07):137-138+188.
- [12] 林铭. 自动焊接在机械焊接中的应用研究[J]. 福建冶金, 2021, 50 (04) : 48-50.
- [13] Selçuk Erkaya. Investigation of joint clearance effects on welding robot manipulators[J]. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2012, 28(4).
- [14] 张元彬. 钎焊[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014, 14-15.
- [15] 齐勇田. 钎焊技术问答[M]北京: 化学工业出版社, 2015, 113-114.
- [16] Lifa Feng, Nengjun Yang. Stainless Steel Welding and Development Trend of Welding Technology[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 252(2).
- [17] 王凡, 王军锋. 全自动纸杯成型机凸轮分度器的选择[J]. 装备制造技术, 2009 (11) : 49-50.
- [18] 肖勋章. 伺服电机选型的原则和注意事项[J]. 数码世界, 2018 (03) : 111.
- [19] Varun Ch Santosh, Anantharaman K., Rajasekaran G.. Effect of blade number on the performance of centrifugal fan[J]. Materials Today: Proceedings, 2023, 72(P3).
- [20] Rodrigo Gonçalves. On the Lateral-Torsional Elastic Post-Buckling and Strength of Channel Steel Beams[J]. International Journal of Structural Stability and Dynamics, 2020, 20(12).
- [21] 王永廉, 马景槐. 工程力学 (静力学与材料力学) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.

致 谢

居诸不息，寒暑推移；行文至此，落笔为终。同时也标志着四年大学生涯即将落下帷幕。我与中德的故事始于 19 金秋，终于 23 盛夏，本科四年时光转瞬即逝，回首四年光阴如星空，满眼繁华，目光所及，皆是回忆，纵有万般不舍，但依旧心怀感恩！

身逢盛世，与有荣焉。新时代的我们，生在国旗下，长在春风里，首先感谢我的祖国，在新冠肺炎疫情严峻形势之下，依旧能够为当代大学生提供舒适安全的生活和学习环境，让我们有机会接受高等教育，可以让我顺利完成学业，并逐渐成为一名有能力、有目标、有理想的大学生，祝愿我们的祖国繁荣富强、国泰民安！

时光荏苒，岁月不居。感谢学校提供美观整洁的校园，规模化的实训基地，赋予我们提升自身能力的平台，让我们秉持着“崇实、求精、致良知”的精神不断成长，以梦为马、不负韶华，祝愿母校为伟大祖国培养更多的创新型、技术型优秀人才，共创辉煌！

涓涓师恩，铭记于心。要特别感谢我的毕业设计指导老师——孙学娟教授，从本文的选题到设计提纲及多次修改后的定稿，每一步都离不开孙老师的悉心点拨与指导，孙老师不论是从设计的创新、图纸的标准、论文的格式等都对我们要求严格，其严格要求与一丝不苟的精神都是我以后工作和学习中的楷模。同时，在我心里孙老师更像是朋友，不论是生活还是学习上的问题，都可以与之倾诉，并给出我中肯的建议，每每倾诉过后都会有一些新的体会和感悟，此外，孙老师乐观豁达、兢兢业业的品质为我们以后的为人处世奠定了良好的基调，为我们的人生道路点亮了耀眼的明灯，祝愿孙老师工作顺利、身体健康！

得遇良师，幸甚至哉。还要感谢辅导员孙玉婷老师。是她让我在大学四年体会到了“大学是个社会”，有些事不是单单只靠努力就可以达成的，在数次的对话中，是她让我学会要一切在自身寻找问题，锻炼了我的抗打击能力，同时也使我深刻明白了“倚得东风势便狂”的现实意义。很感谢孙老师在这四年对我们不辞艰辛的管理！

父母之爱子，则为之计深远。感谢父母二十余载对我无微不至的关心和照顾、不求回报的付出与给予，在我遇到困难时给我鼓励，让我拥有勇往直前的勇气。回想过去这段漫长的求学之路，自认为一直不是个聪明的孩子，但是我有在一直努力学习，提升自己。还记得父亲常说的那句话：“你要有目标，有方向，想干的事就一定会成功。”而这，也一直成为了我的人生信条，凡是之前多想一点，多干一点，就多一分机会，就离成功更近一些，不积跬步无以至千里，不积小流无以至江海，我坚信每一份努力都是有收获的，如果结果不尽人意，那便是自己努力不够或方向出了偏差。羔羊有跪乳之恩，乌鸦有反哺之情。如果问我一定要如何才能报答你们，我会觉得这样的言语过于苍白无力，接下来，我会用我的实际行动证明自己。正所谓纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。养育之恩，无以言表，唯有继续努力不断突破自己成为他们的

骄傲。在此，祝愿我的父母开心快乐，身体健康！

相聚在此，皆是缘分。要感谢机械工程学院的全体老师在我大学四年给我生活和学习上的帮助。感谢机械工程学院新闻中心，三维数字化设计社团任职期间遇到的小伙伴们，感谢社团以及组织的指导老师，让我在组织活动和参加比赛过程中明白了团队的重要性，要特别感谢王伟老师在我们参加各类大赛过程中的悉心指导与训练！

以梦为马，不负韶华。感谢一直不断前行的自己，从未驻足。我始终相信寰宇的山河烂漫，人间的点滴温暖都值得我退却浮华、努力前行。每次挫折都是一次难忘的成长，在不经意间汇聚成生命之河的宽度。凡是过往，皆为序章。我将一直秉持“崇实、求精、致良知”的校训。心细且大胆，知足而上进！

山水一程，三生有幸，祝我们保持热爱，一起奔赴绚丽未来，愿我们此去前程似锦，百花盛开，再相逢依旧如故，可期未来。

最后感谢自己，一直努力、平凡而又真诚的生活。

祝福吾师，工作顺利！

祝福吾亲，平安健康！

祝福吾友，前程似锦！

祝福吾校，桃李天下！

谨以此文，献给 22 岁青春洋溢的岁月！

山水相逢，终需一别，中德，我们后会有期！

附录

附录一 中文译文及外文参考资料

基于开放式数控系统的专用焊机设计

林海波

台州职业技术学院机电工程系，中国台州 318000

linhaibo_tzvtc@163.com

摘要：运动控制卡用于设计焊机的转动部分。将运动控制卡或整个 CNC 单元插入通用 PC 的扩展槽中。PC 机用于文件管理、用户界面和通信功能的非实时部分。通过扩展槽或运动控制卡进行实时控制，采用二维激光位移传感器测量焊接数据，通过串口控制系统传输，实现实时测量和实时焊接。试验结果表明，该机构具有稳定、平稳等优点。定位精度也能达到，符合焊接要求。

关键词：开放系统；焊接设计；控制系统；实时伺服控制。

1 引言

随着国民经济的发展，数控系统成为数控技术的核心。自动化加工技术已经成为一个国家科技水平的重要标志。也是国防工业现代武器装备发展的关键因素。

旋转焊接零件广泛应用于工业领域。然而传统的焊接工艺存在自动化程度低、劳动强度大、生产率低等缺点。焊接成为旋转部件生产中的重要工序。焊接质量和速度已成为生产的主要关注点。开放式数控系统是以个人计算机和软件为基础的。它由模块化、层次化的体系结构运行。还可以为各种表单提供统一的应用程序接口。从而满足用户实现复杂控制功能的需要，缩短加工时间，提高加工质量和灵活性。

2 焊机的具体部件

2.1 整体结构

基于开放式数控系统的弧焊自动机实现了旋转部件的焊接，包括专用焊接机械部件、测量系统、控制(伺服)系统、焊机及其他辅助设备。

该系统设计了以运动控制卡为核心的开放式数控系统，控制运动喷枪与工件之间的配合，实现同步操作。基于测量元件的自动焊接系统由机械部分、控制系统、激光轮廓测量仪、软件部分和焊接部分等组成。整体结构如图 1 所示。

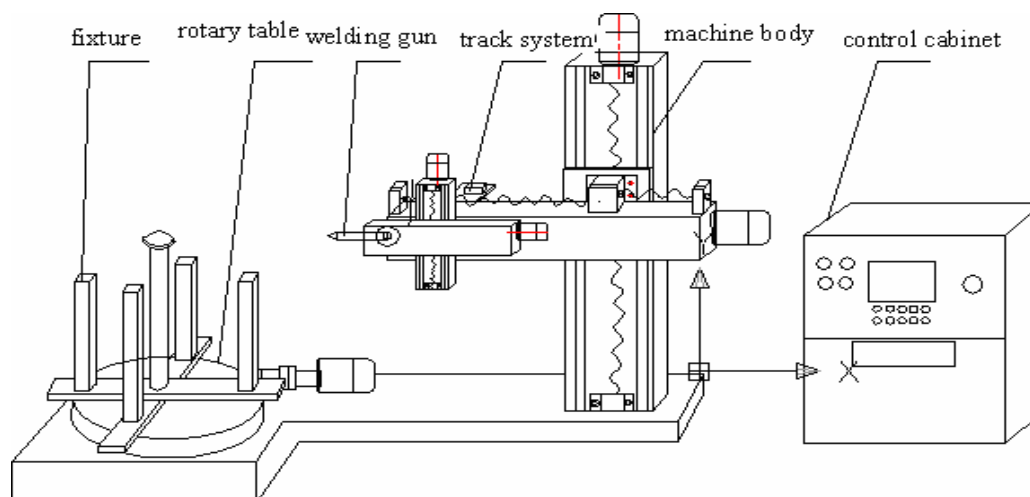


图 1 焊接的整体结构

2.2 机械部分

机械部分由机身、丝杠、导轨、滑块、焊缝定位器、跟踪系统安装支架等部件组成，完成焊缝定位、焊枪和激光扫描传感器安装等功能。焊接夹具对准固定的夹紧部件完成手工焊接。为了避免零件起吊时的偏移，模具径向轴的变形，模具水平旋转时的拉伸变形和振动。这些都影响焊接速度和轨迹的准确性。同时该机变成水平旋转台体，由旋转托盘和交流伺服驱动及传送机构组成，完成水平旋转和自动焊接过程。如图 2 所示。

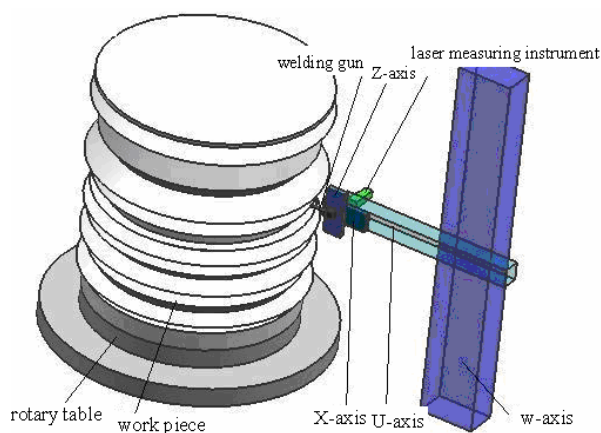


图 2 机械系统图

2.3 测量系统

焊缝数据采集由激光扫描产品完成。它通过串行端口通向 IPC。经过计算后，传给运动控制卡，最终控制焊枪随工件的径向和轴向运动。

2.4 开放式数控模块的设计

焊接过程是一个多参数相互耦合的时变非线性系统。影响焊接密封质量的因素很多，而且这些因素具有明显的随机性，很难用精确的数学模型来描述，因此以往的控制方法在不同程度上适应性差，对经验依赖性强。焊接参数是指焊枪路径，尤其是焊枪速度、停止时间、位移、旋转角度等参数。因此我们需要引入智能控制方法来解决这些问题。目前，大多数焊枪采用以单片机为核心的控制技术，采用“PC+运动控制卡结构”，将运动控制卡或整个数控单元插在通用 PC 扩展槽中(内含嵌入式 PLC)。PC 管理非实时功能，如文档、用户界面和通信。插入 PC 扩展槽或运动控制卡的 CNC 单元管理实时功能。同时，该控制系统采用 2D 激光位移传感器测量焊接封口数据。这些数据通过串口发送到控制系统，可以实现实时测量和焊接。控制系统由 IPC(嵌入式运动控制卡、数据采集卡、数字 IO 卡等)、交流伺服驱动器、三相交流变压器和其他电气设备(如空气开关、交流接触器、限位开关、磁力开关)组成。它可以完成焊接高度控制、焊接位置控制、焊接电流参数设置、焊接变位机的启动、停止、速度控制等功能；可以实现焊接工艺规划、焊接路径规划、焊接防碰撞和抗干扰控制、弧焊实时故障处理等。

专用焊机控制系统的主要控制部件如下：

- (1)有三个松下交流伺服电机，一个用于转台的圆周运动，另外两个伺服电机用于 X-Z 工作台的焊枪微位移平台，实现焊枪的位移运动。
- (2)步进电机用于调节焊接操作框架的总高度。
- (3)在该系统中设置了 X、Z、H 轴的极限和零检测信号。

由于串行口通信线路少、成本低，本系统采用串行口通信方式实现运动控制卡与 PC 机之间的通信。该系统可以通过 VC++通信控件提供的一系列标准通信命令，在上位机和运动控制卡之间建立串口连接，发送命令，交换数据，监控和响应通信过程中可能出现的各种错误和事件，并利用其构建全双工、事件驱动、高效实用的通信程序，如图 3 所示。

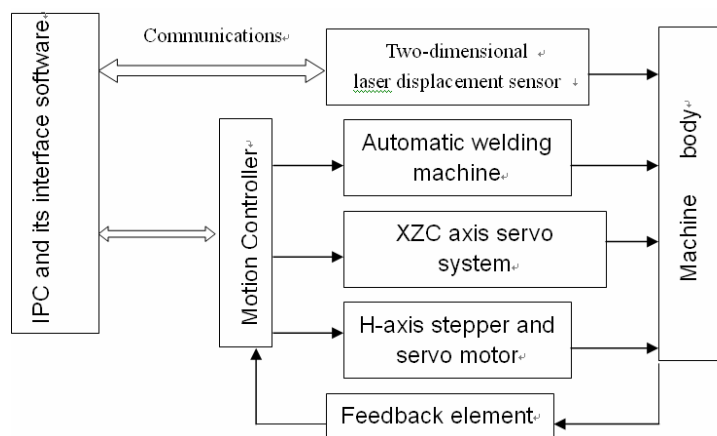


图 3 控制系统结构

2.5 软件模块设计

本课题研究开发专用焊机开放式数控系统软件。它分为实时控制模块和非实时控制模块。实时显示是在运动中监视和显示电机当前运行位置和速度。由于本系统通过串口通信传输信息，控制卡与 PC 机之间的数据交换借助函数通信寄存器进行，所有这些功能都可以借助 VB 语言实现。

软件模块包括输入输出模块、初始化模块、数据处理分析模块、误差处理模块、运动控制模块等。这些模块控制输入和输出、系统初始化、参数初始化、焊缝数据去噪、平滑、插值、误差处理等。基于 PMAC 运动控制卡的数控系统的通信和驱动软件程序利用 VC 语言，借助其 Pcomm32 动态链接库，实现了机器与 PMAC 卡之间的通信。Pcomm32 包括 200 多个函数。它涵盖了 PC 和 PMAC 卡之间的所有通信方法。部分程序如下：

```
Private Sub Command1_Click()  
Load Initial  
Initial.Show  
End Sub  
Sub stopp()  
If MSComm1.PortOpen = True Then  
MSComm1.PortOpen = False  
End If  
timeKillEvent uID  
Timer2.Enabled = False  
MintController1.DoStop (2)  
MintController1.DoStop (0)  
MintController1.DoStop (1)  
End Sub
```

末端接头焊接后，焊接密封位置将在 X、Z 坐标方向上一直变化。为了准确跟踪焊缝轮廓位置，需要限定初始焊缝的 X、Z 方向，并在轮廓曲线中设置初始测量区域。初始焊封位置设定后，后续未确定的焊封位置将由算法自动跟踪。通过对焊缝放大图像和不同图像特征的分析，可以确定焊缝中心和特征点，获得准确的焊缝中心和边缘位置，从而产生针对焊缝中心的焊枪。由于原始测量焊缝数据得到的预处理焊缝坐标数据存在初始值的误差和突变性，需要对预处理焊缝坐标数据进行二次处理，以获得稳定、连续、有效的焊缝坐标。在该模型中，利用二次处理的 N 点数据预测 N+1 个实际的焊缝坐标位置。之后，它将 N+1 点发送到运动控制卡并动作；焊枪完成后，利用 N+2 个点再次预测后续的焊封坐标位置，其余可以类推。这种方法可以保证焊枪连

续稳定地工作。同时，其速度不会突然变化，从而保证了焊接质量。

3 结论

运动控制卡的扩展槽或整个 CNC 单元被共同插入数控机床中。PC 用于非实时部分的文件管理、用户界面和通信功能。通过插入 CNC 单元的 PC 扩展槽或运动控制卡来进行实时控制。该系统的特点比传统的数字优势强得多控制系统。它具有处理速度快、控制精度高、运行稳定等优点。实现了专用焊接设备的实时伺服控制和半闭环控制，减少了跟踪精度的波动。结果表明，该装置调节方便，稳定性好，提高了焊接质量和生产率。

Design of Special Welding Machine Based on Open CNC System

Haibo Lin

Department of Mechanical and Electrical Engineering,
Taizhou Vocational & Technical College,
Taizhou, China 318000
linhaibo_tzvtc@163.com

Abstract. The Motion control card is used to design the rotational parts of the welding machine. The motion control card or the entire CNC unit is inserted into the expansion slot of general PC. PC is used for file management, user interface and communications functions of the non-real-time part. The real-time control is carried out by the units of expansion slot or the motion control cards. 2D laser displacement sensor is used to measure the welding data, transmitted via the serial port control system to realize the real-time measurement and the real-time welding. The results of the test show that this mechanism boasts of the advantages of stability, smoothness etc. Positioning accuracy can be achieved as well. Therefore it complies with the requirement of welding.

Keywords: Open system; welding Design; Control System; real-time servo control.

1 Introduction

With the development of national economy, NC system is the core technology for NC. Technology of automated processing has become an important indicator of national science and technology. And it is also the key factor in modern weapons and equipment development of the defense industry.

The rotational welding parts is widely used in industrial areas. However there exists low degree of automation, high labor intensity, low productivity and other shortcomings in traditional welding process. Welding becomes an important process in rotating parts production. The Welding quality and speed has become a major concern of production. The open CNC system is based on personal computer (PC) and software. It is run by Modular, hierarchical architecture. And also it can provide a unified application program interface for various forms. Thus the equipment can meet the need of implementing complex control functions for the users, shorten the processing time and improve processing quality and flexibility.

2 Specific Components of the Welder

2.1 Overall Structure

The arc welding automatic machine based on open CNC system has achieved the Welding of rotational parts, including the following sections: Special welding machinery parts, Measurement system, Control (servo) system, Welder and other auxiliary equipment.

The motion control card considered as the core of the open CNC system was designed in the system, which controls the cooperation between the motion torch and the work piece to achieve synchronous operation. The automatic welding system based on measurement-components is composed of the mechanical parts, control systems, laser profile measuring instrument, the software part and welding etc. Overall structure is shown in Figure 1.

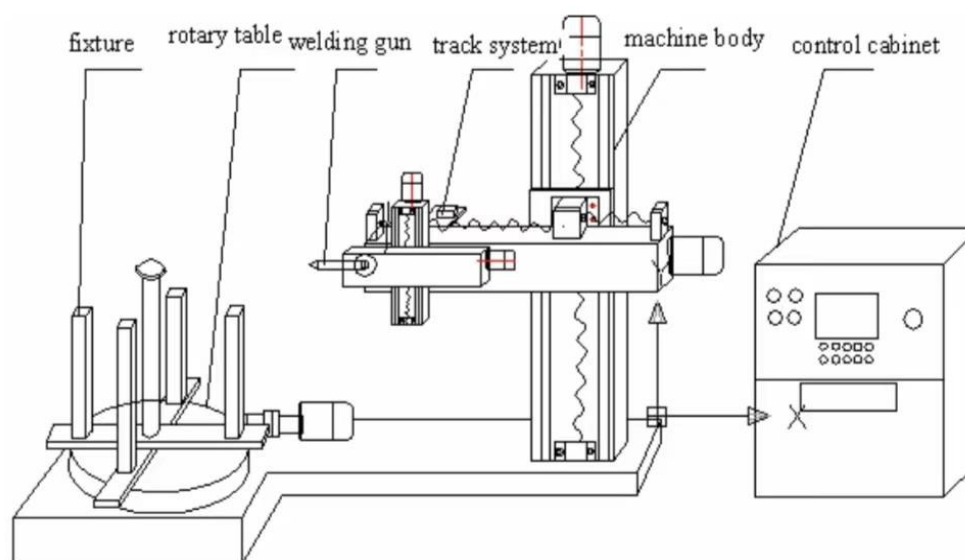


Fig. 1. The overall structure of welding

2.2 Mechanic Parts

The mechanical parts consists of the body, screw, rail, slider, seam location , mounting brackets for tracking system and other components, completing the functions of welding joint position, torch and laser scanning sensors installation. Welding fixtures completed the manual welding aligning with the fixed clamping parts. In order to avoid deviation when the parts is lifted, deformation of radial axis for the die, Stretching deformation and vibration while the horizontal rotary of die. All of them affect the welding speed and the accuracy of track. Meanwhile the machine turns into horizontal rotary table body, composed of the rotating tray and AC servo drives and transfer mechanism, completing the level of rotation and automatic welding process.

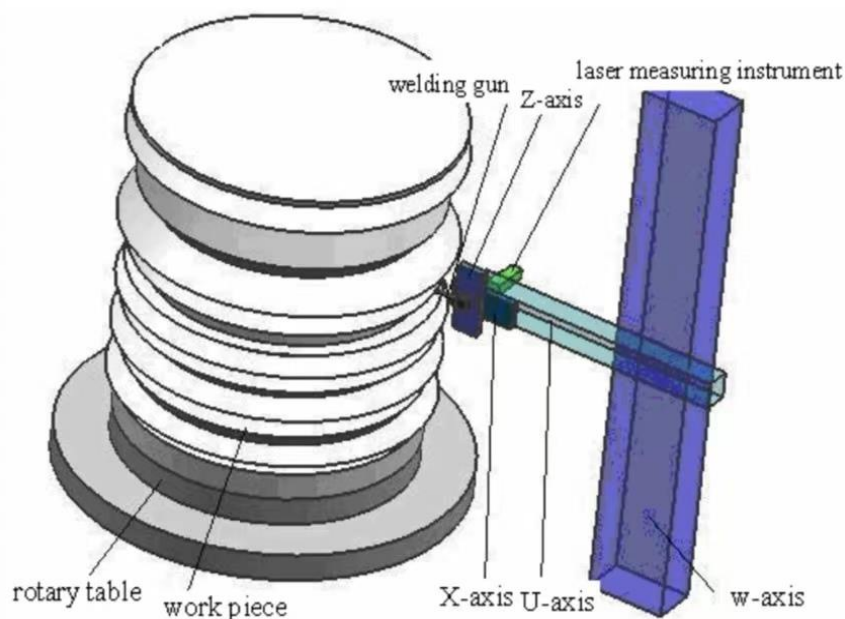


Fig. 2. The diagram of Mechanic system

2.3 Measurement System

Data Acquisition for welding seam is carried out by laser scanning products. It passes through the serial port and leads to IPC. After calculation, it passes to the Motion Control card, controlling the welding torch along with the radial and axial movement of the work piece in the end.

2.4 Design of Open CNC Module

The welding process is a multi-parameter mutual coupling time-variable nonlinear system. Many factors have affected welded seal quality and those factors have remarkable randomness, it is very difficult to describe by actuary mathematical model, so former controls method have bad adaptability and good dependence for experience in the different degrees. The welding parameters refers to welding torch path, the parameters in particular, like welding torch speed, stop time, displacement, rotatable angle and so on. So we need to introduce intelligent control method to solve those problems. At present, most welding torches adopt control technology which regards MCU as core and adopt "PC+ movement control card structure" that inserts the movement control card or the entire CNC unit in the general PC expansion slot (included imbedded PLC). The PC manages non-real-time function like document, user interface and communication. CNC unit that inserts PC expansion slot or movement control card manages real-time function. At the same time, this control system adops 2D laser displacement sensor measures welded seal data. Those data are sent to control system through the serial port, so it can realize real-time measurement and welding. The control system is composed of IPC (embedded movement control card, data acquisition card, digital IO card and so on), AC servo driver, three-phase AC transformer and other electric appliances (like air switch, AC contactor, limit switch, magnetic switch). It can completes

many functions like welding height control, welding position control, welding current parameter settings, start, stop, speed control of welding positioner and so on; it can realize Welding process plan, welding path plan, welding anti-collision and anti-interference control, arc welding real-time fault processing and so on.

The main control components of control system for special welder are as follows: (1) there are three Panasonic AC servo motors, one is for the rotary table for the circular motion, the other two servo motors is for the platform of micro-displacement of the gun for X-Z table, achieving the movement of displacement of torch. (2) A stepper motor is used to adjust the overall height of frame for welding operations. (3) The limit of X, Z, H-axis and the zero detection signal are set up in this system.

Serial port communication is adopted by this system between motion control card and PC because of its few lines and low cost. The system may construct serial port connection between upper machine and motion control card, send commands, exchange data, monitor and response all kinds of errors and events which possibly occur in the course of communication through a serial of standard communication commands provided by VC++ communication controls, and then make use of it to build full-duplex, event driven, efficient and practical communication program.

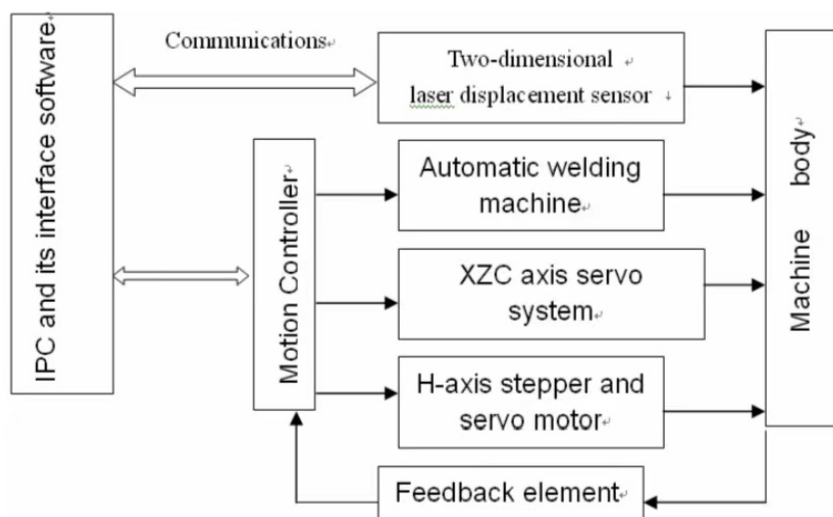


Fig. 3. Structure of Control system

2.5 Design of Software Module

This subject researches and develops special-purpose welding machine open numerical control system software. It is divided into the real-time control module and the non-real-time control module. Real-time display is that current operating position and speed of the motor is monitor and display in the movement. Because of transmission of information in this system by serial port communication, data exchange between control card and PC is carried on with the aid of function comms register, all those functions can be achieved with help of the VB language.

The software module, includes input and output module, initialization module, data processing analysis module, the error processing module, movement control module and so on. Those modules control input and output, system initialization, parameter

initialization, welding seal data de-noising, smoothness, interpolation, error processing and so on. Communication and driver software program of numerical control system based on PMAC movement control card uses VC language with the help of its Pcomm32 dynamic link library, so as to realize communication between machine and PMAC card. Pcomm32 includes more than 200 functions. It covers all communication methods between PC and PMAC card. Part of program is as follows:

```

Private Sub Command1_Click()
Load Initial
Initial.Show
End Sub
Sub stopp()
If MSComm1.PortOpen = True Then
MSComm1.PortOpen = False
End If
timeKillEvent uID
Timer2.Enabled = False
MintController1.DoStop (2)
MintController1.DoStop (0)
MintController1.DoStop (1)
End Sub

```

After welding, welded seal position will change in X, Z coordinate directions all the time. In order to track welded seal contour position accurately, we need to limit X, Z directions of initial welded seal and set initial measuring region in the contour oscillogram. After settings of initial welded seal position, follow-up undetermined welded seal position will be tracked by algorithm automatically. We may define welded seal central and characteristic points, obtain the accurate welded seal center and edge positions by analyzing enlarged image of welded seal and different image characteristics so as to produce welding torch aimed at the welded seal center. Because of preprocessing welded seal coordinates data from primitive measuring welded seam data have error and mutagenicity of initial value, we need secondary treatment for preprocessing welded seal coordinates data so as to obtain stable, continual, effective welded seal coordinates. In the model, it makes use of secondary treatment N spots data predict N+1 actual welded seal coordinate position. After that, it will N+1 spot send to movement control card and act; after welding torch completes, it makes use of N+2 spots predict fellow-up welded seal coordinates position again, the rest may be deduced by analogy. This method can guarantee welding torch act continuously and stably. At the same time, its speed does not change suddenly, and thus guarantees welding quality.

3 Conclusions

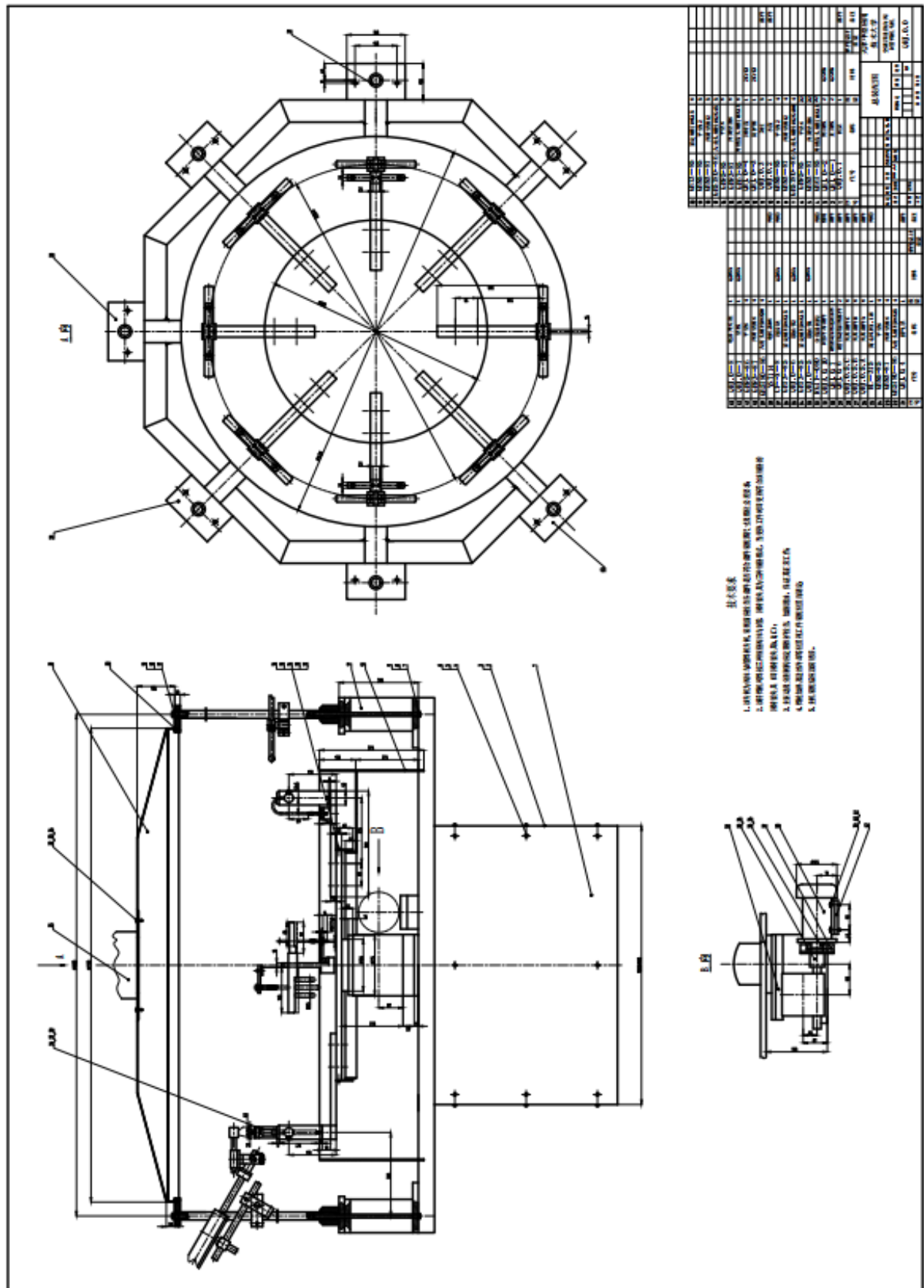
The motion control card expansion slot or the entire CNC unit is inserted into CNC machine in the common. PC is used for file management, user interface and communications functions of the non-real-time part. The real-time control is carried out by the insertion of PC expansion slot of the CNC unit or motion control cards. The characteristic of the system is much stronger than the traditional advantages of numerical

control system. It has advantages of processing speed, high control precision and stable running. It has also achieved the real-time servo control for special welding equipment and semi-closed loop control, reducing the vibration for accuracy tracking. Results show that the equipment is easy to adjust and stability of this mechanism is good, improving the welding quality and productivity.

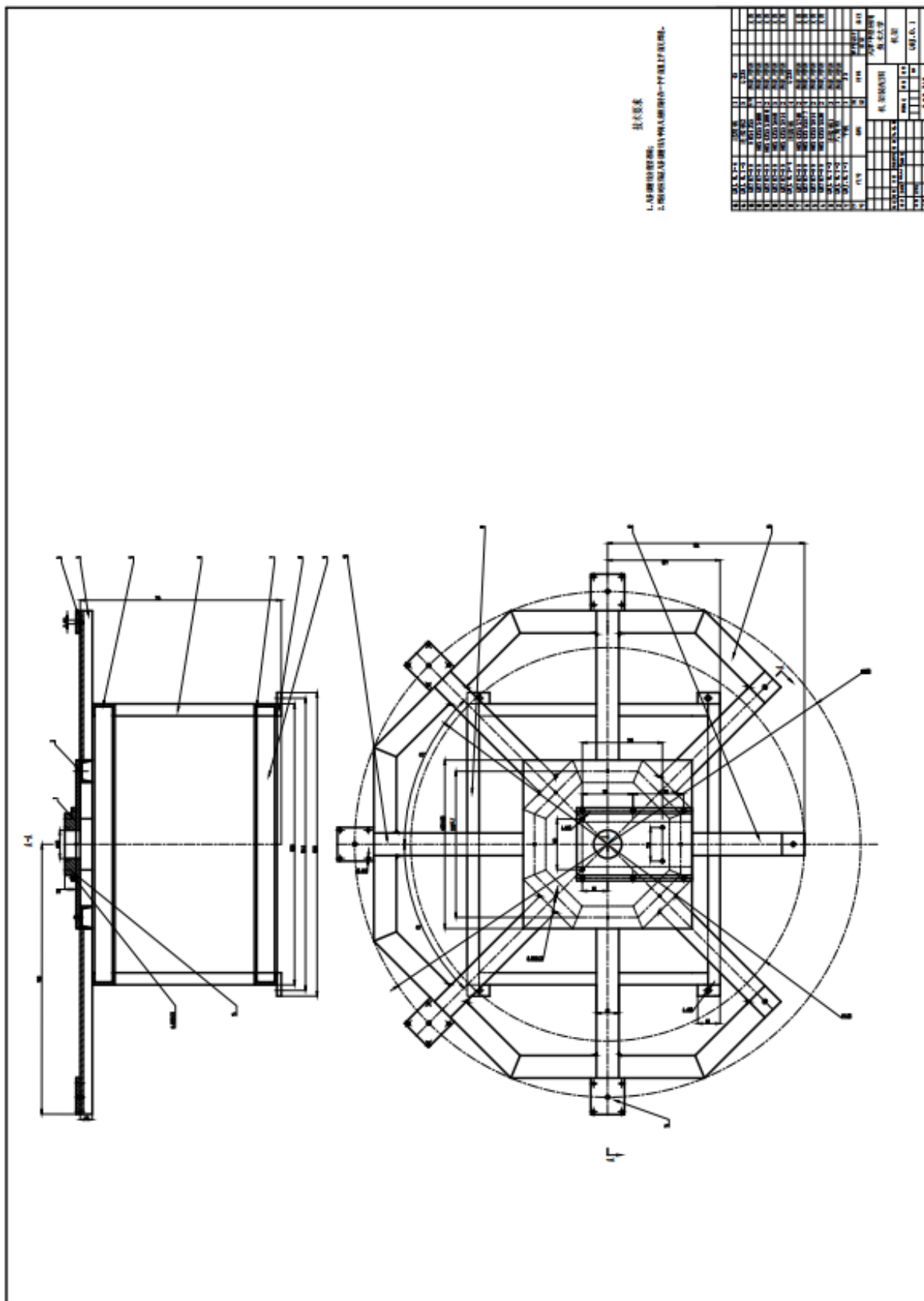
References

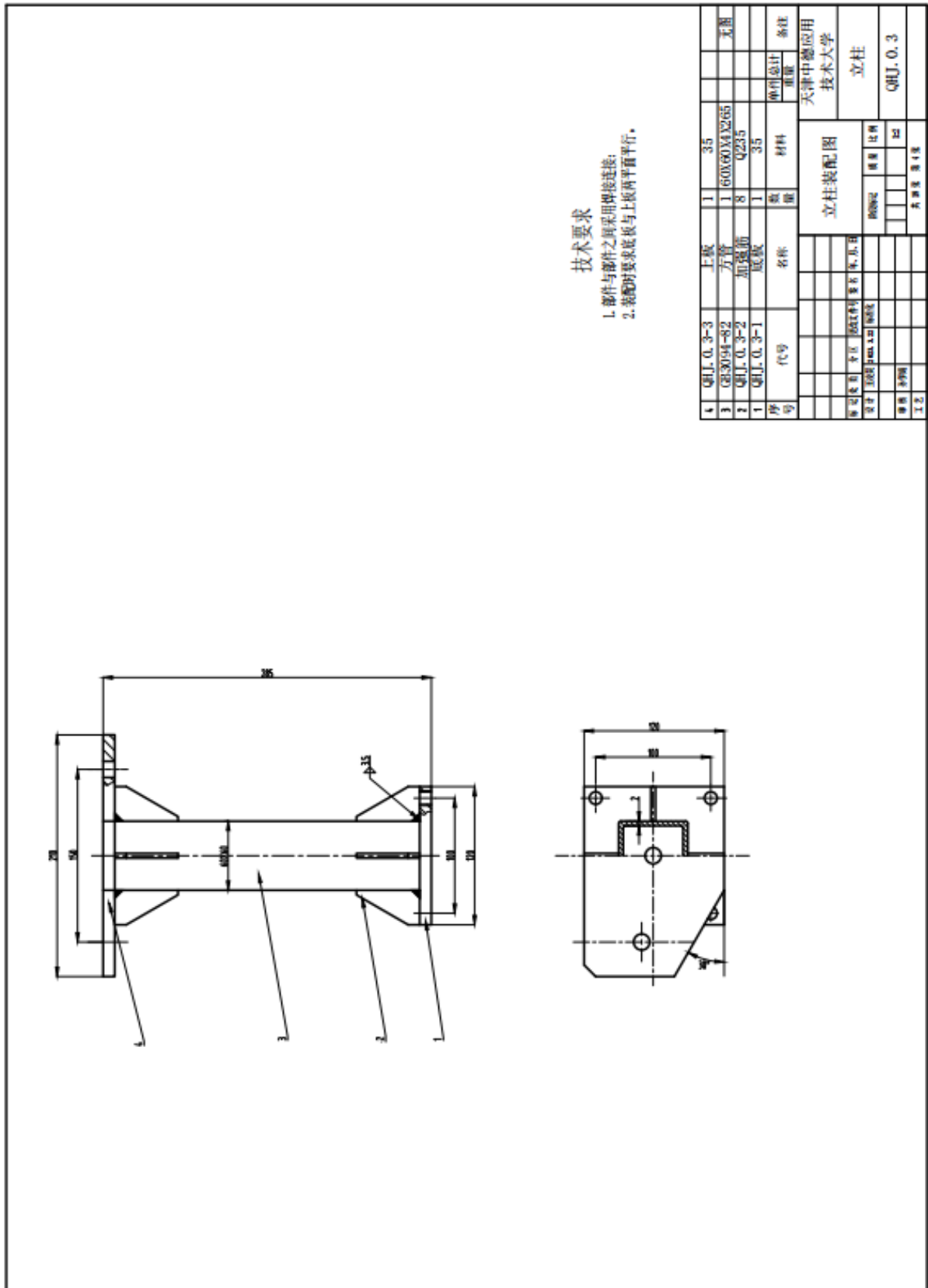
1. Ye, C.L., Lian, L.X., Zhao, Y.H.: Simulation Of Welding Intersecting Cylinders Line For Welding Robot. *Journal of Shenyang University of Technology* 25(5), 426–429 (2003)
2. Ma, X.F.: *Robot mechanism*. China Machine Press, Beijing (1990)
3. Liu, C.L., Zheng, W.G.: Study on kinematics and computer simulation of RV121 6R welding robot workspace. *Robot* (9), 333–341 (1998)
4. Li, G., Yang, J.D.: Development of the PC -based Open Architecture Numerical Control System *Machine Tool & Hydraulics* (4), 82–83 (2004)
5. Zheng, L.L., Huang, W.Q., Zhao, C.S.: Design and implement of visual object tracking system driven by ultrasonic motors. *Transducer and Microsystem Technologies* 26(12), 77–79 (2007)
6. Ma, Y.Z., Hang, W.D., Zhang, P.X., et al.: Developm ent of subm erged arc welder with digital control. *Electric Welding Machine* 32(8), 11–15 (2002)

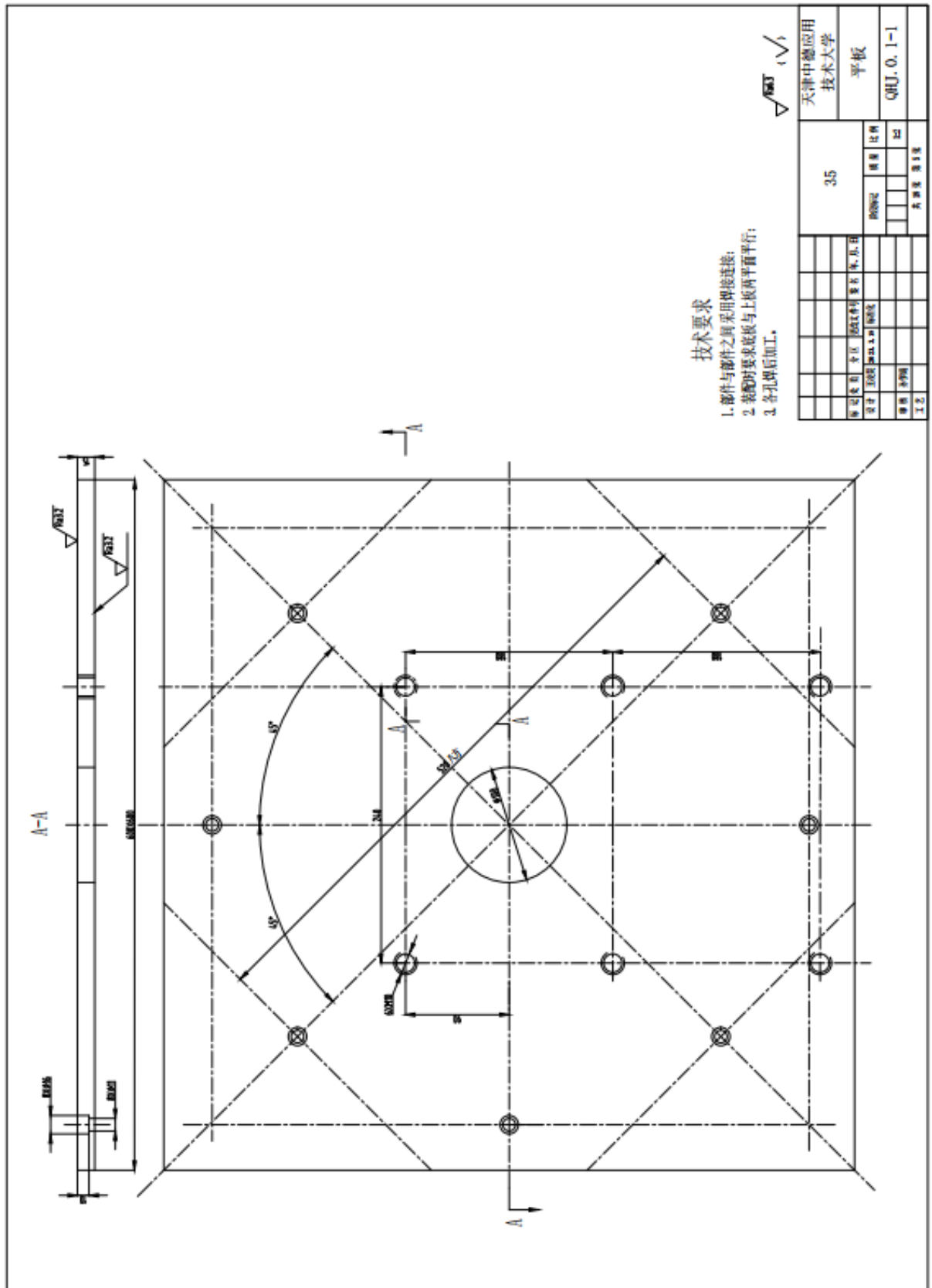
附录二 Auto CAD 总体装配图

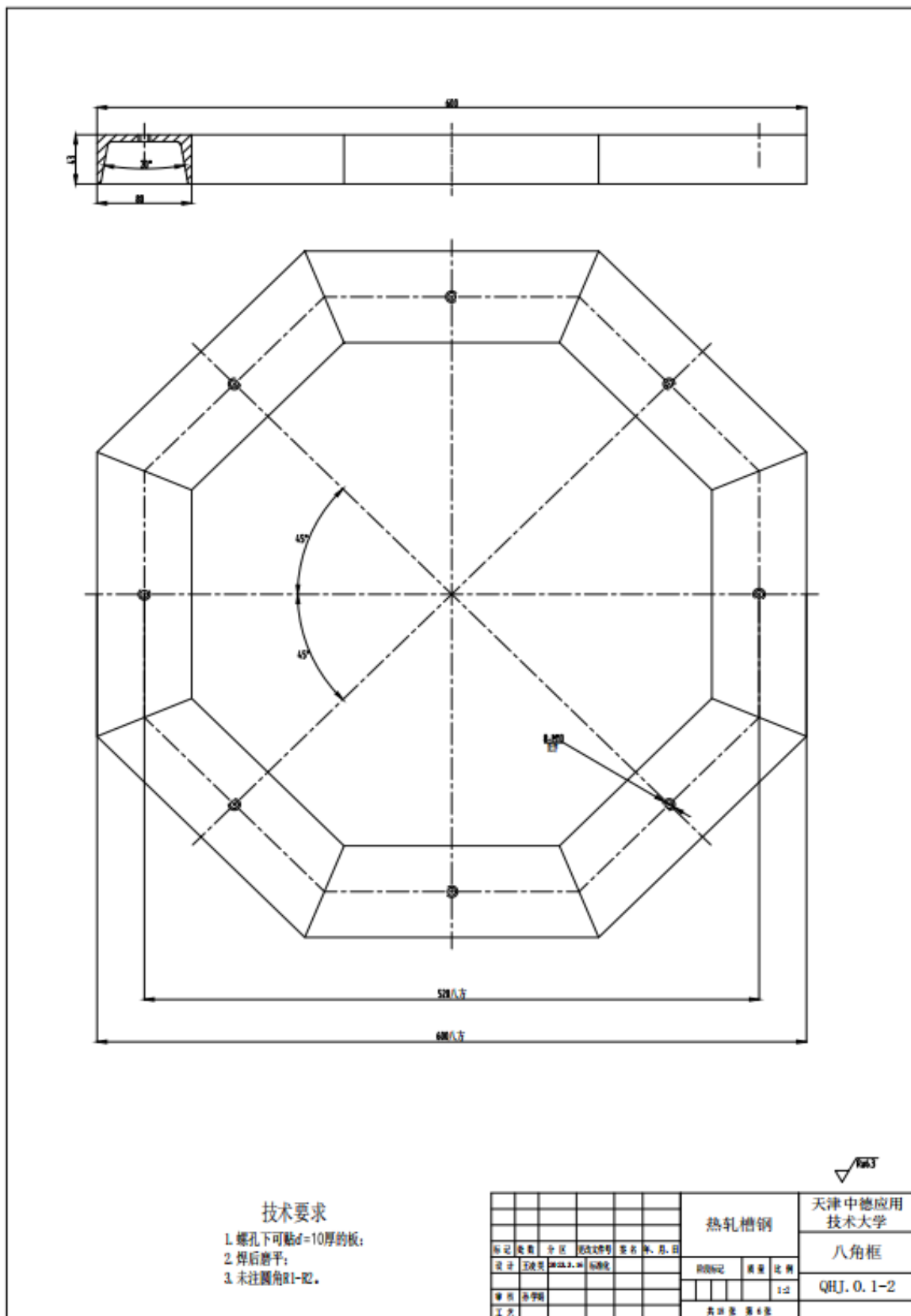


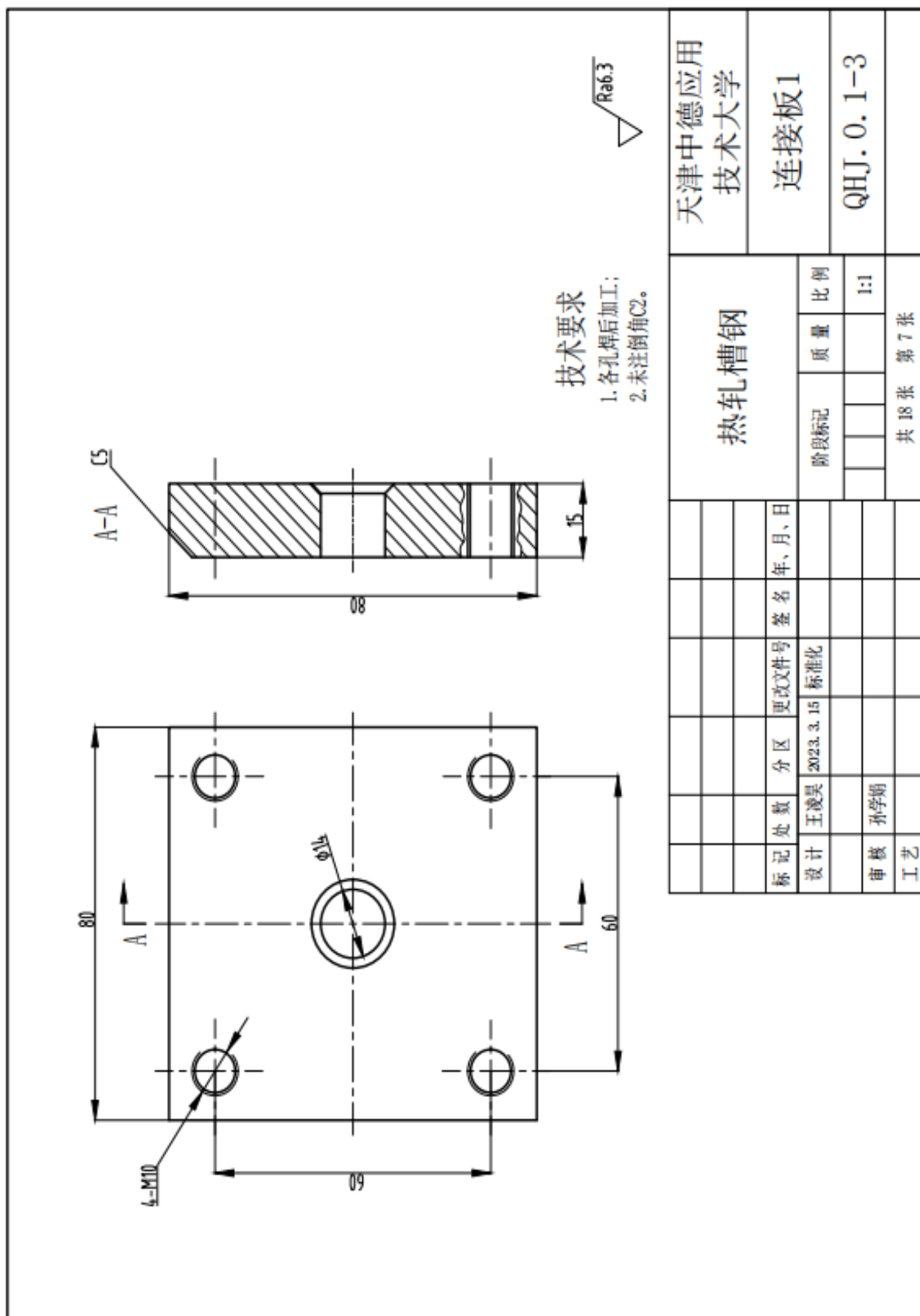
附录三 Auto CAD 核心零件图



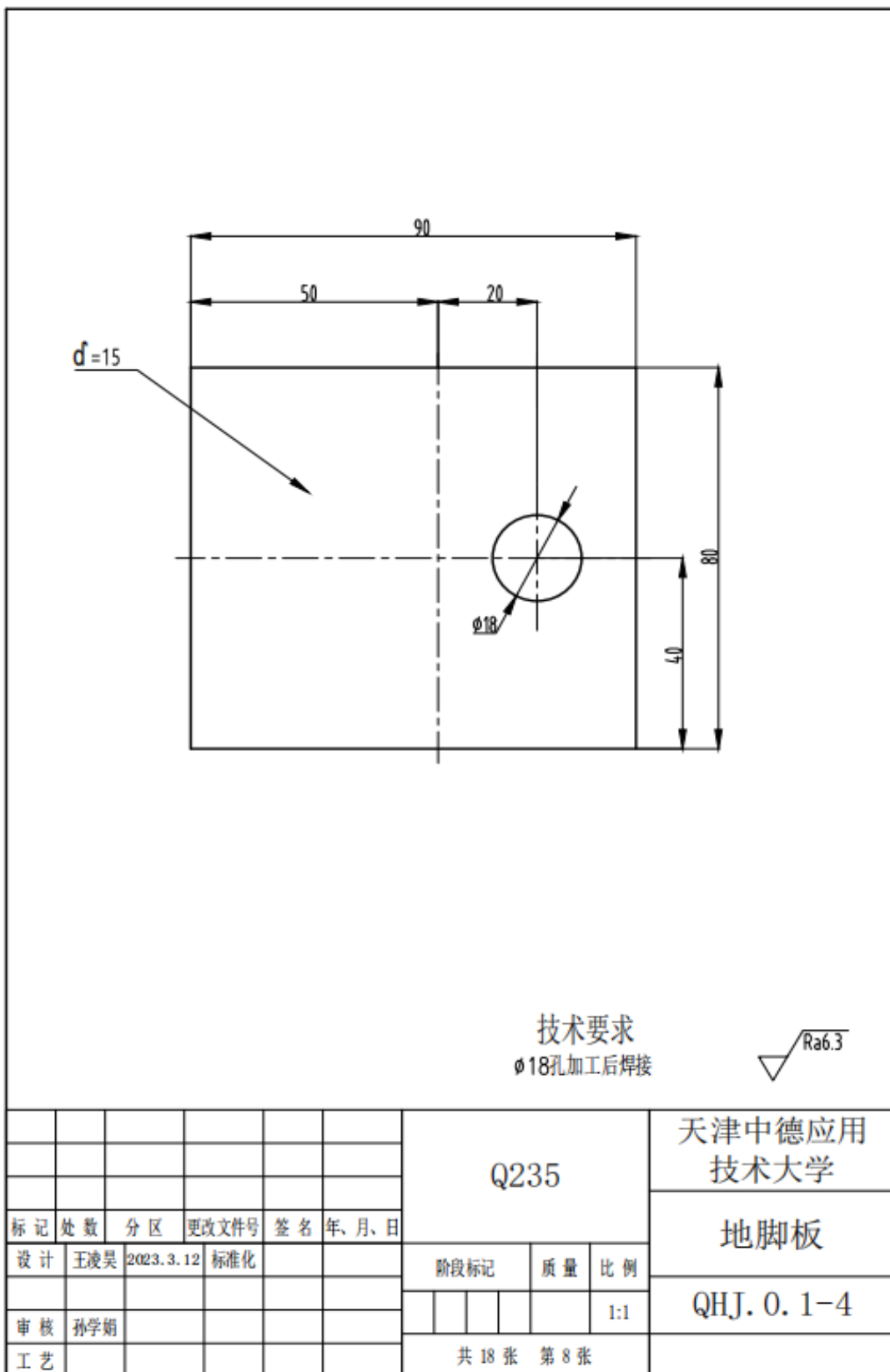


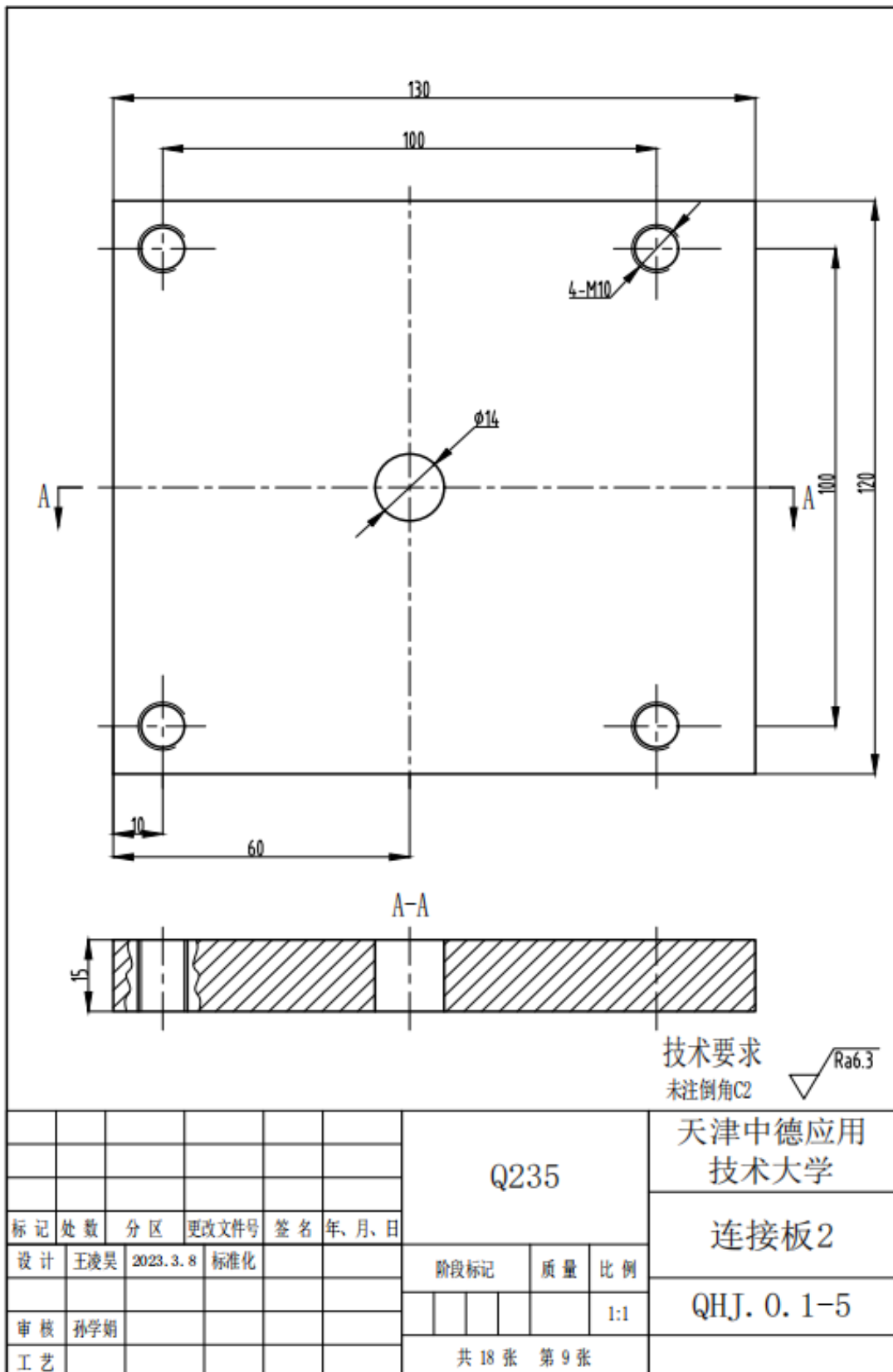


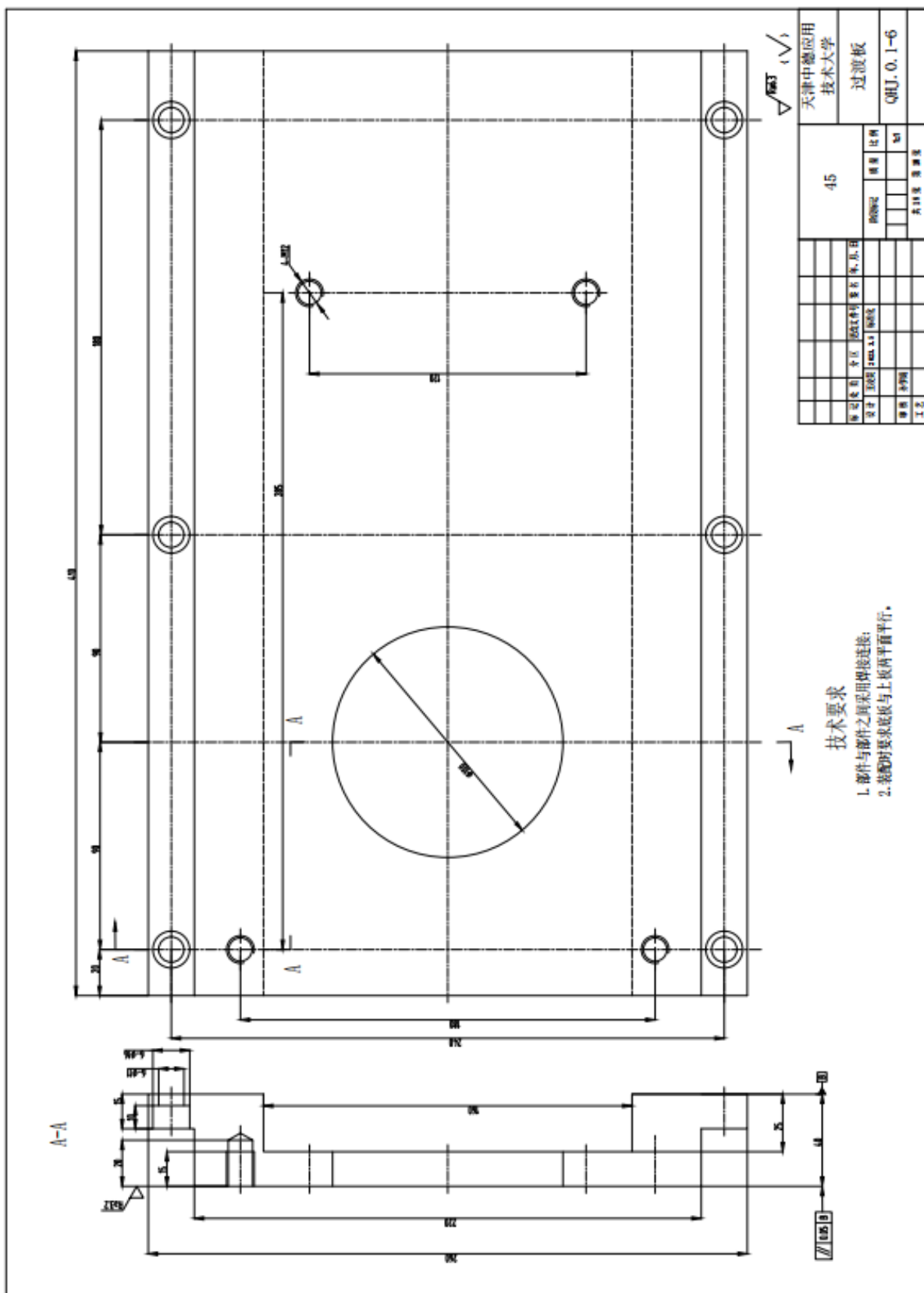


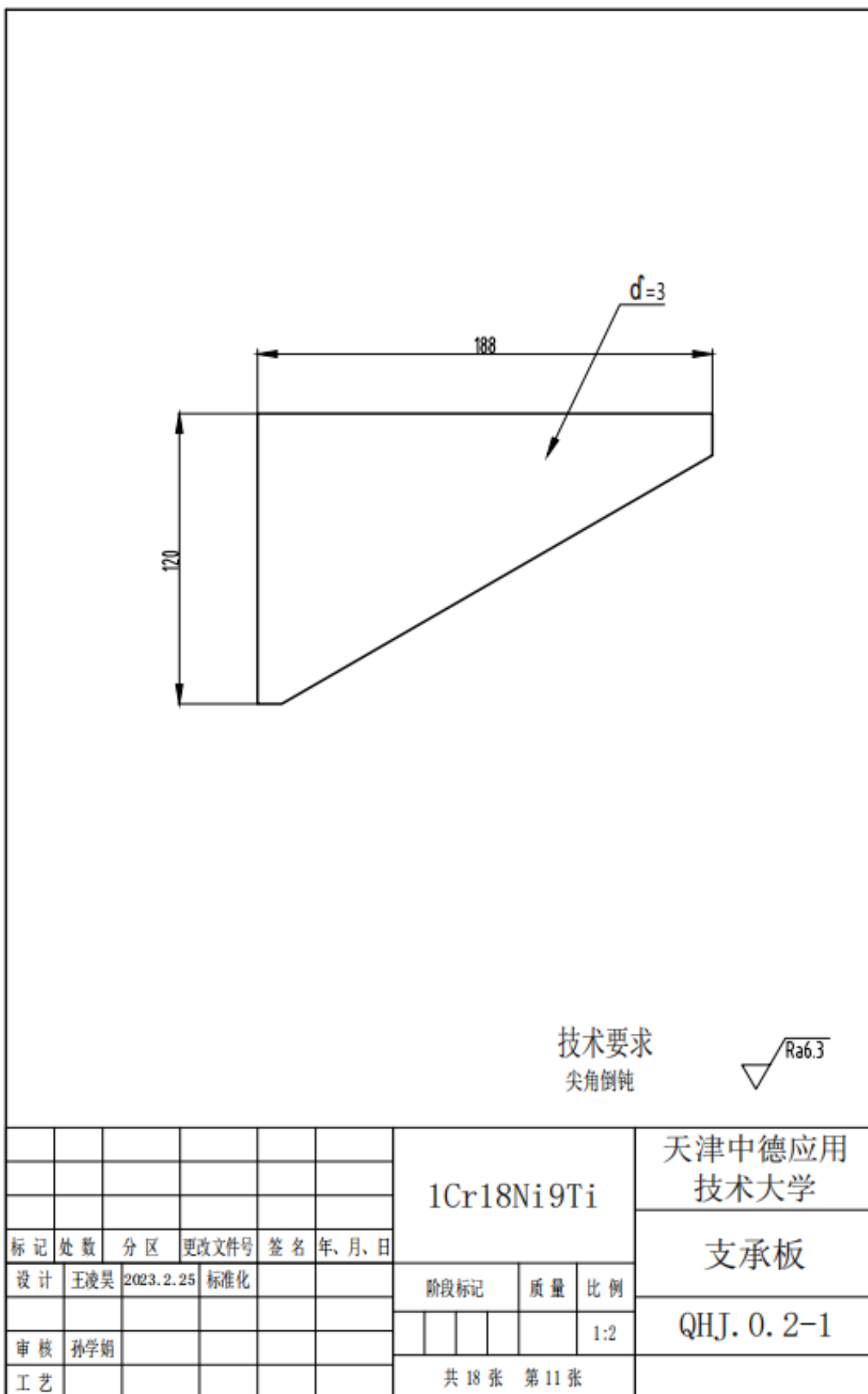


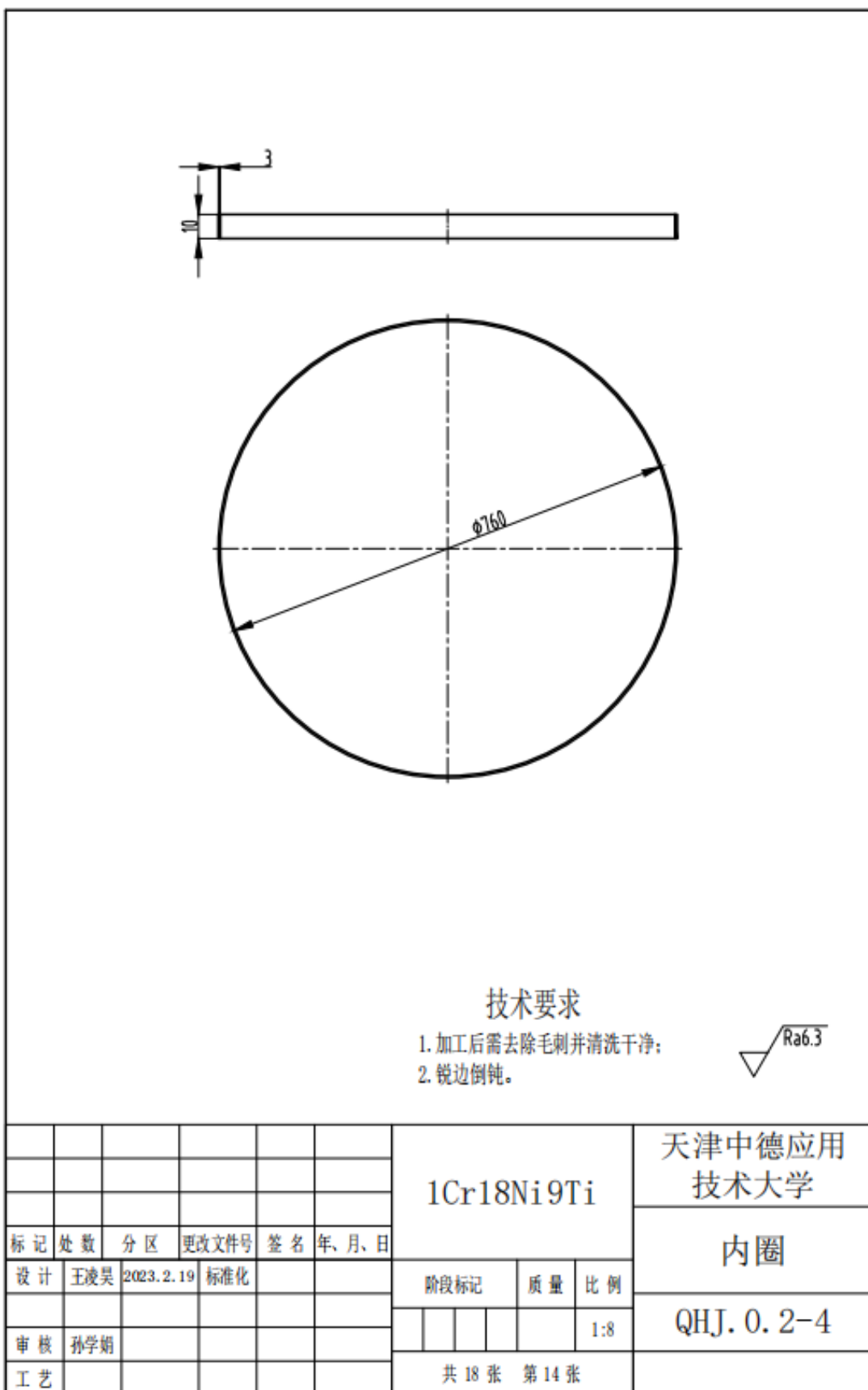
天津中德应用 技术大学		热轧槽钢		连接板1		QHJ. 0. 1-3	
阶段标记	质量	比例	共 18 张 第 7 张				
		1:1					
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年、月、日		
设计	王成昊	2023. 3. 15	标准化				
审核	孙学娟						
工艺							

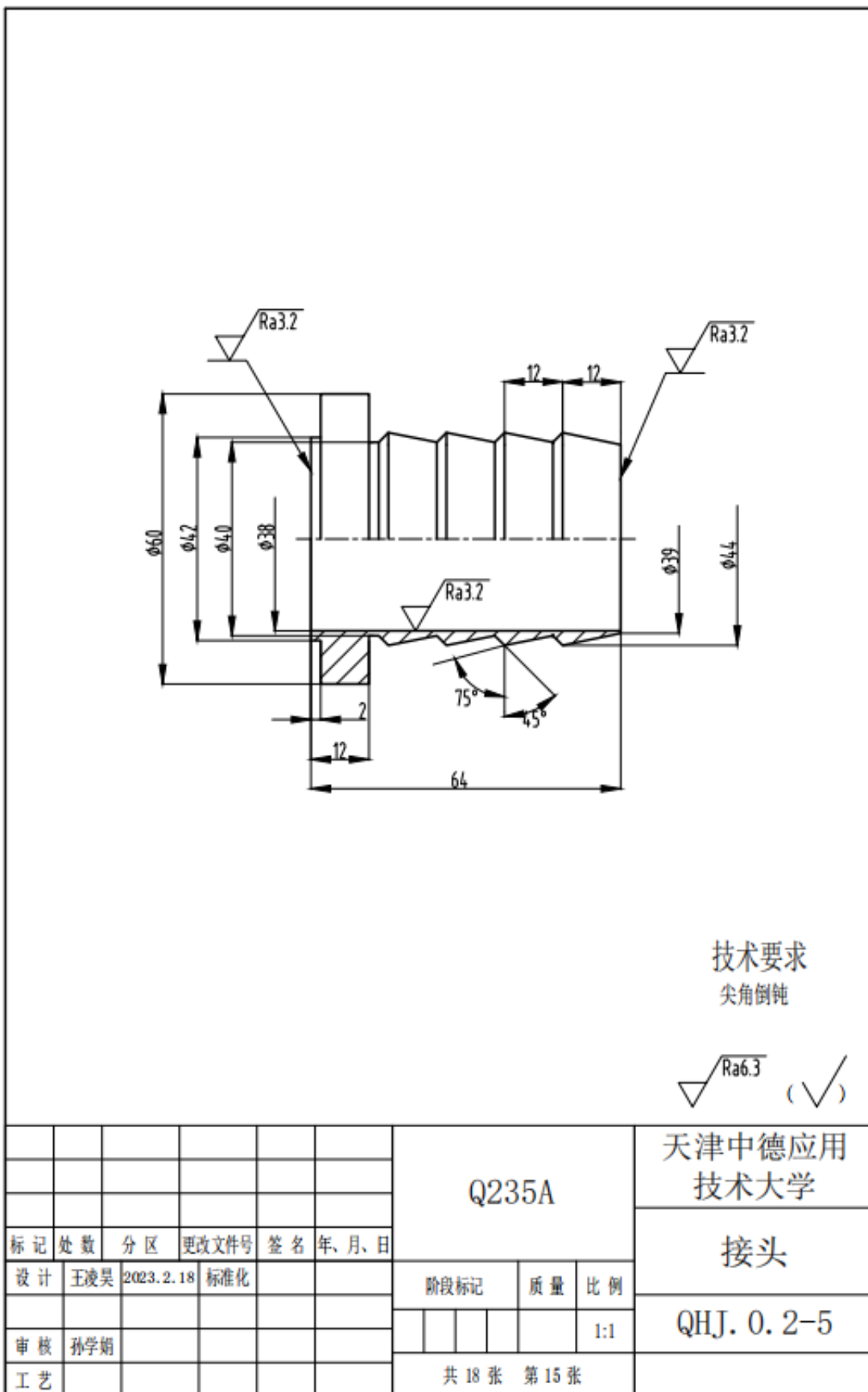


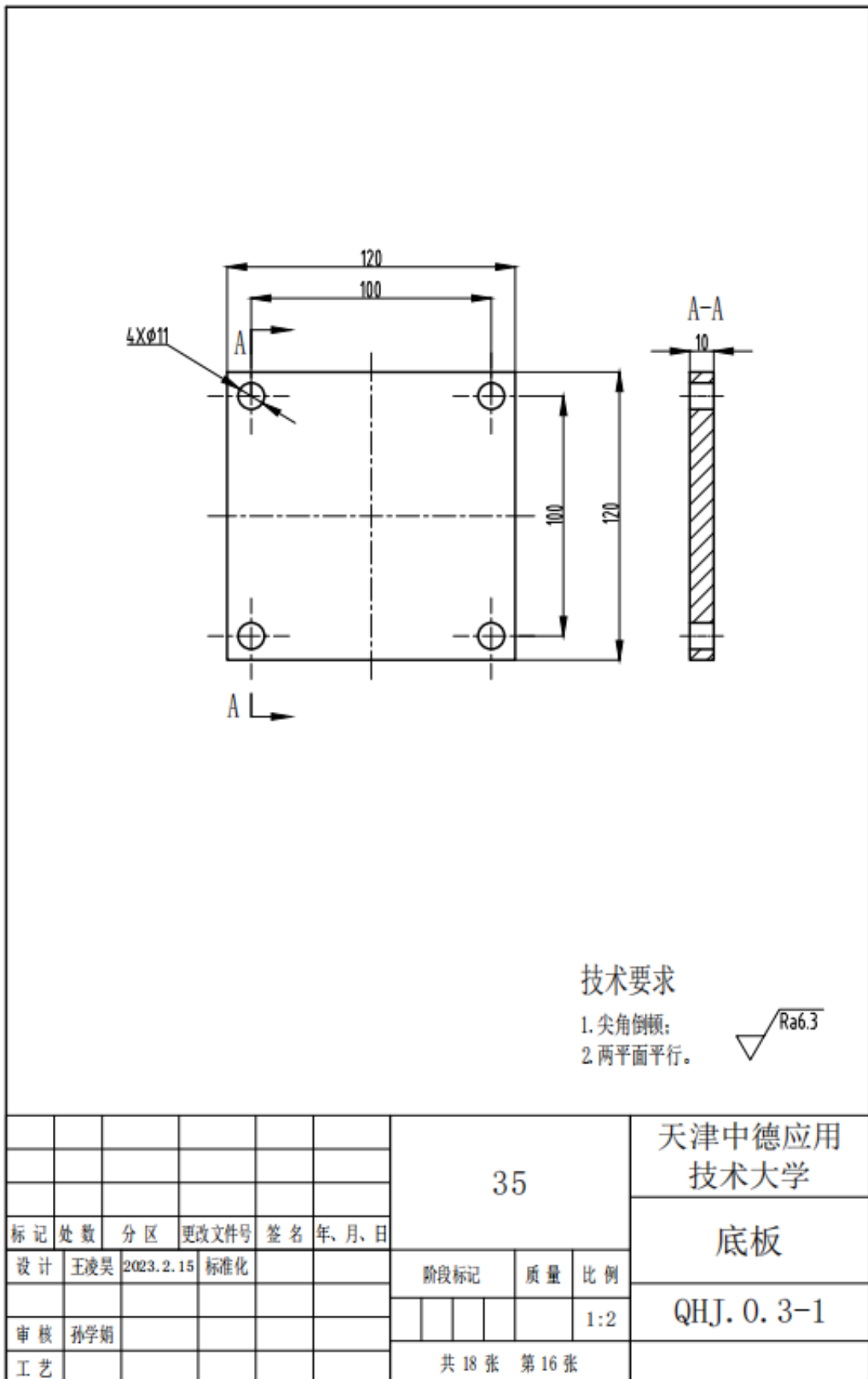


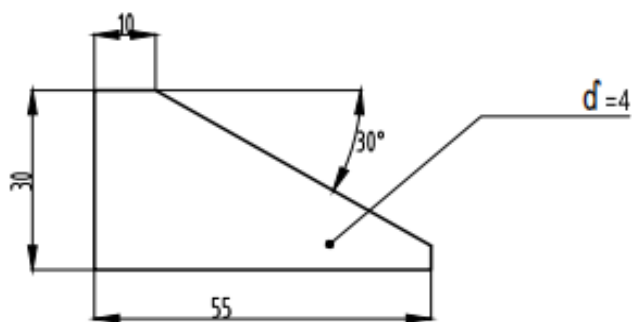










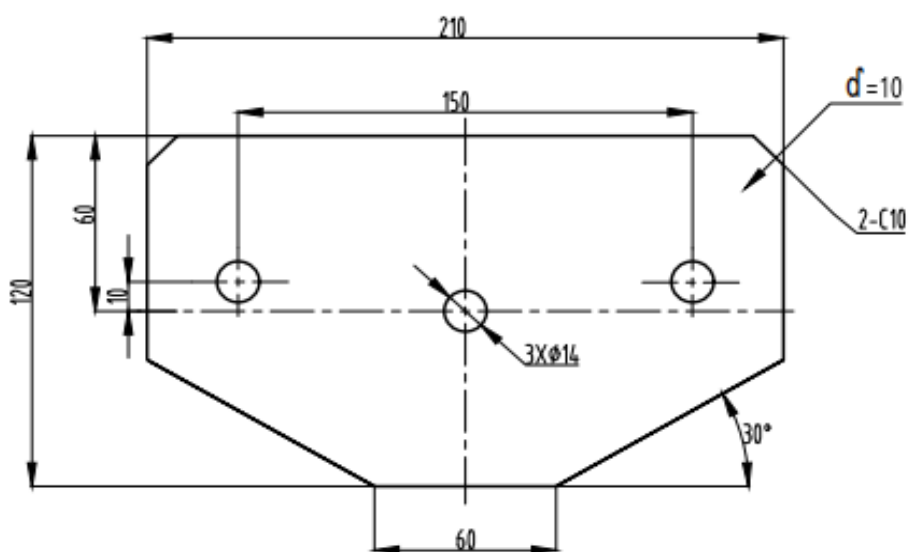


技术要求

1. 尖角倒顿;
2. 两平面平行。



						Q235	天津中德应用 技术大学	
							加强筋	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年、月、日		阶段标记	质量
设计	王凌昊	2023.2.12	标准化					1:1
审核	孙学娟					共 18 张 第 17 张		QHJ. 0. 3-2
工艺								



技术要求

1. 尖角倒圆；
2. 两平面平行。



						35			天津中德应用 技术大学	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年、月、日	阶段标记	质量	比例	QHJ. 0. 3-3	
设计	王凌昊	2023. 2. 10	标准化							
审核	孙学娟					共 18 张 第 18 张				
工艺										